

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10190569 A**

(43) Date of publication of application: **21.07.98**

(51) Int. Cl.

H04B 7/26

H01Q 3/26

H04B 7/00

H04Q 7/36

(21) Application number: **09301117**

(22) Date of filing: **31.10.97**

(30) Priority: **08.11.96 US 96 745392**

(71) Applicant: **LUCENT TECHNOL INC**

(72) Inventor:
AVIDOR DAN
KASTURIA SANJAY
SIZER THEODORE II
VALENZUELA REINALDO A
WRIGHT GREGORY ALAN

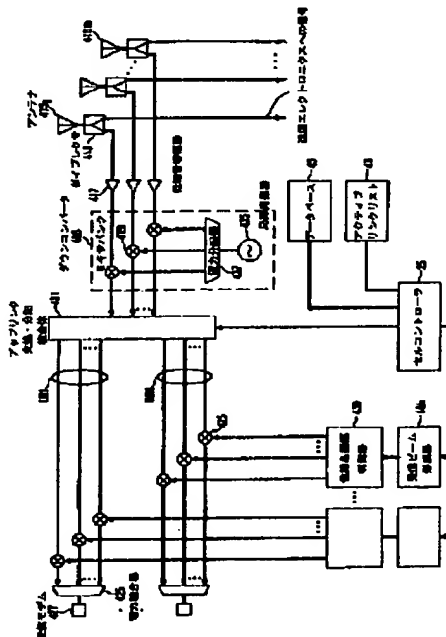
(54) **BEAM FORMATION METHOD AND READABLE RECORDING MEDIUM**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce interference from other transmitters and other receivers by calculating an optimum weight vector for optimizing the signal-to-total- interference-signal ratio of an antenna beam based on data relating to mutual interference level.

SOLUTION: The weight vector for optimizing the signal-to-total-interference- signal ratio (S/TI) in antenna output is generated, based on the data relating to the mutual interference level. Then, the optimum weight vector is stored and used in the same time slot in a later frame. Then, the S/TI is calculated, supplied to a cell controller 25 and finally supplied to the other cell controller inside a cluster as well. Simultaneously, a beam formation electronics forms a beam. The signals received by the K pieces of radiation antenna elements are multiplied with the corresponding components of the weight vector by a multiplier 42, the total sum is obtained and a radiation pattern for optimizing the S/TI in the antenna output is generated.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-190569

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月21日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 4 B 7/26

H 0 4 B 7/26

B

H 0 1 Q 3/26

H 0 1 Q 3/26

Z

H 0 4 B 7/00

H 0 4 B 7/00

H 0 4 Q 7/36

7/26

1 0 5 D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号

特願平9-301117

(22) 出願日

平成9年(1997)10月31日

(31) 優先権主張番号

0 8 / 7 4 5 3 9 2

(32) 優先日

1996年11月8日

(33) 優先権主張国

米国 (U S)

(71) 出願人

596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッド

Lucent Technologies
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー
600-700

(72) 発明者

ダン アビドー

アメリカ合衆国、07712 ニュージャージ
ー、オーシャン、ダニエル ドライブ
380

(74) 代理人

弁理士 三俣 弘文

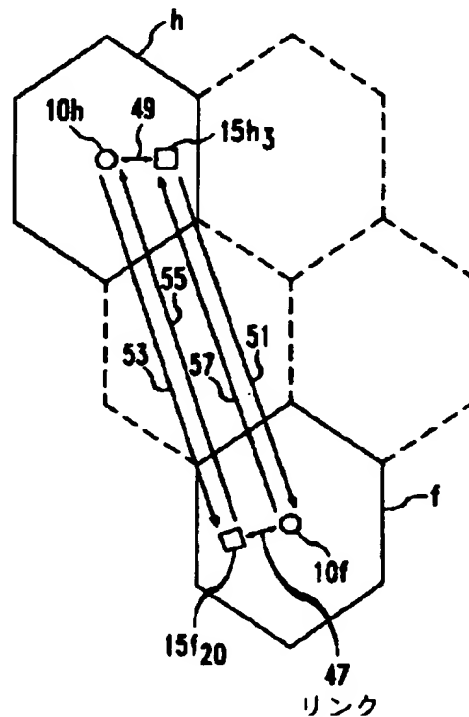
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ビーム形成方法及び読み出し可能記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 符号分割多重アクセス方式ベースの固定無線ループシステムにおける、基地局のアンテナがセル内の全ての端末に連続的に電力を供給し続けること。

【解決手段】 本発明に係る時分割多重固定無線ループシステムシステムは、各々基地局及び複数個の端末を有する複数個のセルを有している。基地局は、固定アンテナを有する各端末と通信するための方向制御可能かつ調節可能なマルチビームアンテナを有している。各基地局に係るセルコントローラは、通信時間スロットを、同一の時間スロットを共有している基地局／端末リンク間の相互干渉を最小にするように割り当てる。スロット割り当ては、データベースにストアされている地域的な、周期的に更新される干渉測定に基づいている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ビームは通信リンクをサポートしており、強い干渉源よりなる特定の一群が前記通信リンクに対して著しい干渉を与えかつ前記通信リンクから著しい干渉を受けており、前記方法が、

(A) 前記通信リンクが受ける相互干渉レベル及び前記通信リンクによって引き起こされる相互干渉レベルに係るデータをストレージより読み出す段階と、ここで、前記データは干渉測定によって周期的に更新される、

(B) 前記段階(A)において読み出されたデータに基づいてアンテナ出力におけるアンテナビームの信号対総干渉信号比を最適化する第一最適重みベクトルを計算する段階と、ここで、前記第一最適重みベクトルはある個数、K個、の成分よりなり、当該個数Kは前記アンテナビームの構成に係るアクティブ放射アンテナエレメントの個数に等しい、

(C) 前記K個のアクティブ放射アンテナエレメントの各々から受信された複数個の信号の各々あるいは前記K個のアクティブ放射アンテナエレメントの各々に対する信号の各々に前記第一最適重みベクトルの対応する成分を乗算する段階とを有することを特徴とするビーム形成方法。

【請求項2】 前記段階(A)において、セルコントローラが前記データをストレージから読み出してそれをビーム形成器に供給することを特徴とする請求項第1項に記載の方法。

【請求項3】 前記段階(B)において、前記ビーム形成器が前記第一最適重みベクトルを計算することを特徴とする請求項第2項に記載の方法。

$$M^{(k+1)} = M^{(k)} - \lambda \alpha Y \text{conj}(Y'), \quad \lambda = 1/[1 + \alpha \text{conj}(Y')U], \quad Y = M^{(k+1)}U, \quad \alpha = \beta^k n_i^2, \\ U = \text{conj}(S(\Phi_j)), \quad S(\Phi_j) = [S_1(\Phi_j) \quad S_2(\Phi_j) \quad \dots \quad S_K(\Phi_j)]',$$

$S(\Phi_j)$ は各々の成分が前記アクティブ放射アンテナエレメントによって受信される信号あるいは前記アクティブ放射アンテナエレメント宛の信号に対応するベクトルであり、

Φ_j は干渉源の方位であり、

$\text{conj}(S)$ はSの複素共役であり、

β^k は干渉源が追加される場合には+1であって干渉源が削除される場合には-1であり、

n_i^2 は干渉源の強度であることを特徴とする請求項第5項に記載の方法。

【請求項7】 コンピュータによって読み出し可能な記録媒体において、

当該記録媒体は、プログラマブルコンピュータと共に用いられる符号化済み読み出し可能プログラムインストラクションを有しており、

前記プログラムインストラクションは、前記コンピュー

* 【請求項4】 前記段階(B)が、さらに、前記複数個の信号の個数に対応する複数個の正弦波を生成する段階を有し、ここで、各々の正弦波の振幅及び位相は、前記第一最適重みベクトルの対応する成分によって決定されることを特徴とする請求項第3項に記載の方法。

【請求項5】 前記段階(B)において、最適重みベクトル、 W_{opt} 、が以下の表式に従って計算され、

【数26】

$$W_{opt} = M^{-1} \bar{S}(\Phi)$$

ここで、Mは干渉源の共変行列であり、

$S(\Phi)$ は各々の成分が前記アクティブ放射アンテナエレメントによって受信される信号あるいは前記アクティブ放射アンテナエレメント宛の信号に対応するベクトルであり、

Φ は所望の主ローブの方向であることを特徴とする請求項第1項に記載の方法。

【請求項6】 前記第一最適重みベクトルの計算の後に単一の干渉源が前記干渉源の特定の一群に対して追加されるあるいはそれから削除され、

第二最適重みベクトルが前記第一最適重みベクトルに基づいて以下の表式に従って計算され、

【数27】

$$W^{(k)} = W^{(k-1)} - \lambda \alpha Y \text{conj}(Y') \text{conj}(S(\Phi_j))$$

ここで、 $W^{(k)}$ は前記単一の干渉源を考慮した場合の最適重みベクトルであり、

$W^{(k-1)}$ は前記第一最適重みベクトルであり、

【数28】

※タに第一最適重みベクトルを計算させ、

前記第一最適重みベクトルは、位相アレイアンテナの放射器によって受信された信号あるいは当該位相アレイアンテナの放射器宛の信号の対応するものに対して乗算された場合に当該位相アレイアンテナによって生成されるアンテナビームの信号対総干渉信号比を最適化することを特徴とする読み出し可能記録媒体。

【請求項8】 前記記録媒体が、さらに、前記第一最適重みベクトルの前記計算の際に生成された情報及び前記第一最適重みベクトル計算が依拠した一群の干渉源に対する単一の干渉源の追加あるいは削除に係る情報を用いて第二最適重みベクトルを高速に前記コンピュータに計算させる符号化済みコンピュータ読み出し可能プログラムインストラクションを有していることを特徴とする請求項第7項に記載の読み出し可能記録媒体。

【請求項9】 端末の第一通信リンク上での基地局宛の

アップリンク伝送を容易にするための前記基地局におけるアップリンクビームを生成する方法において、当該方法が、

(A) 前記第一通信リンクの前記アップリンクが引き起こす干渉及び前記アップリンクが受ける干渉に基づいて前記第一通信リンクに対して割り当てられた第一時間スロットにおける前記アップリンクビーム生成要求を受信する段階と、

(B) 前記端末の方位及び前記干渉源からの前記干渉の前記受信された方向に対応する前記アップリンクビームの主ローブに関して測定した位相オフセットのリストを獲得する段階、及び、さらに、前記位相オフセットの前記リストにおいて表現された全ての干渉源からの予想される電力を受信する段階と、

(C) 前記干渉源から受信される前記干渉を減衰するノッチを有するビームを生成する段階とを有することを特徴とするビーム形成方法。

【請求項10】 前記方法が、さらに、前記基地局において前記基地局による前記端末宛の送信を容易にするダウンリンクビームを形成する段階を有し、

(D) 前記第一通信リンクの前記ダウンリンクが引き起こす干渉及び前記ダウンリンクが受ける干渉に基づいて前記第一通信リンクに対して割り当てられた第二時間スロットにおける前記ダウンリンクビーム生成要求を受信する段階と、

(E) 前記端末の方位及び回避すべき位相オフセットのリストを獲得する段階；及び、さらに、各位相オフセットに係る送信抑圧の相対的な重要性を表わす量を受信する段階と、

(F) 前記段階(E)においてリストされた前記位相オフセットへ送信される前記信号を減衰させるノッチを有するビームを生成する段階とを有することを特徴とする請求項第9項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は無線ループシステムに関し、特に、時分割多重方式に基づく固定無線ループシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】固定無線ループ(FWL)通信システムは、データ及び音声伝送の分配をサポートする。この種のシステムは、通常、“セル”に分割されている。各々のセル内に配置された基地局のアンテナが、やはり当該セル内に位置している複数の端末すなわちペリフェラル局との間での信号の送受信を行なう。セルは隣接している必要はない。一つのセルの基地局は、地形的あるいは他の要因によって規定された隣接するセルとの間の名目的な境界の内部のある選択された領域あるいは複数の領域に対してサービスを提供する。FWLシステムに存在する送信源の数が多いと、基地局のアンテナと端末

との間の通信に対する著しい干渉が発生する可能性が増大する。この種の干渉は、同一セル内あるいは他のセル内の他の送信源によって発生する。

【0003】FWLシステムは、通常、システムの能力を最大化しかつ干渉を緩和する目的で、周波数分割多重化(FDM)、時分割多重化(TDM)あるいは符号分割多重アクセス(CDMA)等の方式を利用する。現在では、達成可能な能力、という観点からは、CDMAベースのFWLシステムがTDM及びFDMシステムより優れている、ということが広く信じられている。その主たる理由は、TDM及びFDMが、高周波数再利用ファクタが通常およそ7に制限されているのに対し、CDMAにおける周波数再利用ファクタは1に設定され得るからである。さらに、セクタ分割されたアンテナも、このようなCDMAの優位性を増大させる。なぜなら、セクタ分割された基地局アンテナが利用可能である場合においても、TDMベースのシステムにおける再利用ファクタを低下させることは現実的ではないと通常思われているからである。

20 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、CDMAベースのシステムにおいても、TDMベースのシステムとは相異なった制限が存在する。特に、CDMAベースのシステムにおいては、基地局のアンテナは、セルすなわちセクタ内の全ての端末に対して連続的に電力を供給し続ける。TDMベースのシステムにおいては、あるセルにおける基地局のアンテナは、ある時間スロットの間に活動している端末に対してのみ電力を供給する。それゆえ、TDMベースのシステムにおいても、他のトランスミッタからの干渉を低減しかつ他のレシーバへの干渉を低減する可能性が存在する。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明TDMベースの固定無線ループシステムに係るシステム及び方法である。本発明に係るシステムは、各々基地局及び複数の端末を含む複数のセルから構成されている。各々の基地局は、同一のセル内の端末(“セル内端末”)からの伝送を受信する目的の複数のアンテナビーム及びセル内端末への送信のための他のアンテナビームを生成する。受信ビーム及び送信ビームの各々は、時間スロットとして公知のある割り当てられた時間期間に単一の端末と通信する。

【0006】各々の基地局には、空中回線へのアクセス、及びビーム及び時間スロット割り当てを制御するセルコントローラが関連付けられている。本発明の新しい一側面においては、時間スロットは優勢なシステム干渉に基づいて割り当てられる。詳細に述べれば、受信すなわち“アップリンク”スロット、すなわち端末から基地局への伝送に用いられるスロット、の承認に関しては、セル内及びセル外のその他の送信中の端末に起因する基

地局のレシーバにおける干渉レベルが、十分な受信が可能となる程度に低くなければならない。加えて、選択されたスロットにおける送信は、他のリンクを使用不能にすることがあってはならない。送信スロット、すなわち基地局から端末への送信に用いられるスロット、に関しては、同一のスロットでのセル内及びセル外送信ビームによる端末のレシーバでの干渉レベルが、十分な受信が可能となる程度に低くなければならない。さらに、そのスロットにおける送信ビームは、他のリンクを使用不能にすることがあってはならない。

【0007】セル外の干渉源に基づいて時間スロットを割り当てることは、隣接するセルのセルコントローラ間の通信を必要とする。本発明に係る別の新しい側面においては、各々のセルコントローラが、セル内での基地局—端末間回線の起動及び停止に係る情報をシステム内の他のセルコントローラと共有する。この種のセル外変更の影響を推定する目的で、各々のセルコントローラは、そのセルコントローラ内のあらゆる可能性のある回線と隣接するセル内のあらゆる可能性のある回線との間の相互干渉レベルに係る情報を含む本発明に係るデータベースにアクセスする。本発明の望ましい実施例においては、各セルコントローラはそれぞれに固有のデータベースを有している。これらのデータベースは、システム状況を反映する目的で周期的に更新される。

【0008】端末による空中回線へのアクセス要求は、適切な送信及び受信スロットが見い出されない限り禁止される。そのため、本発明に係るシステムにおいては、必要な場合にはサービス要求をブロックすることによって、活動中の回線が中断されたり通話が落ちたりしないように保護されている。この種の保護は、ブロックによって進行中の通話の品質が徐々に劣化し、ある場合には通話が落ちてしまうことにつながるCDMAベースの方式とは好対照である。

【0009】端末からのサービス要求が受け入れられる場合には、セルコントローラはそのビーム形成器に対して、アンテナ出力において最適の信号対干渉信号比が実現されるようなアンテナパターンを構成するように指示する。

【0010】

【発明の実施の形態】説明を明瞭にする目的で、本発明の実施例は、個々の機能ブロックから構成されているものとして示されている。これらのブロックが表現する機能は、共用あるいは専用ハードウェアを用いることによって実現される。これらのハードウェアには、ソフトウェアの実行が可能なハードウェアも含まれるがそれらに限定されているわけではない。

【0011】本発明に従った時分割多重（TDM）ベースの固定無線ループ（FWL）システムは、従来技術に係る電話、データ、インターネットアクセス、マルチメディアサービス等をサポートすることが可能である。当

該システムは、複数の六角形セル5を有するものとして概念的に捉えることが可能であり、これら複数のセルのうちの3つが図1に示されていて5a、5b及び5cによって識別されている。説明のために、個々のセルに特定の機能を参照する参照番号には、それがどのセルに属しているかを示す目的で、“a”、“b”あるいは“c”という英字が付加されている。セルあるいは機能全体を一般的に指し示す場合には英字は省略される。

【0012】前述された六角形というセルの形状は、無線ループシステムの設計及び解析に係る古典的な形状である。しかしながら、セル5が理想的に六角形であるようなセル形状を有することに限定されているわけではない、地形的な要因のみならず種々の要因が、個々の実施例における所定のセル形状に影響を与える。

【0013】個々のセルには、中央に配置された基地局10及び複数の端末すなわちペリフェラル局15₁₋₃が存在している。基地局10及び各端末15₁は、アンテナ及びそれに関連した送受信用エレクトロニクスを有している。図1においては、それぞれ対応するセル5a、5b及び5c内に3つの端末15₁₋₃、15₂₋₃及び15₃₋₃のみが示されているが、通常はあらゆるセルにおいてはるかに多くの数の端末が存在している。参照番号15₁は、単一の端末を一般的に参照するために用いられる。

【0014】本発明に係るFWLシステムの前述されているような配置が移動体セルラシステムに非常に良く似ていることは、当業者には容易に理解されるであろう。本発明に係るFWLシステムは、移動体ユニットの代わりに、複数の固定端末15₁₋₃を有している。このような固定端末は、通常屋根の上に配置されているタイプ等のアンテナを有している。

【0015】本発明の望ましい実施例においては、各々の端末のアンテナはある種の指向性を有している。しかしながら、大きさ及び費用に係る厳しい制限のため、これらのアンテナはわずかに指向性を有するのみである。各端末のアンテナは、それぞれ対応する基地局10のアンテナと対向している。本発明の望ましい実施例における端末のアンテナに係る詳細な記述は、本明細書の後半にあつた。

【0016】本明細書の後半において詳述されている適切なエレクトロニクス及び方法に関連して、各基地局10のアンテナは、送受信目的でセル5内全体を“ホップする”すなわち動きまわる複数のビームを生成する。図2においてセル5dに関して示されているように、前記生成されるビームには、第一周波数 f_1 において端末15₁₋₃からの伝送を受信する“受信”すなわち“アップリンク”ビームが含まれる。生成されるビームには、さらに、第二周波数 f_2 において端末15₁₋₃へ情報を送信するために用いられる同数の“送信”すなわち“ダウンリンク”ビーム21dが含まれる。この種のデュプレ

クス動作は、前述されているように2つの相異なった周波数 f_1 及び f_2 によるといったFDMを用いてインプリメントされることが望ましいが、デュプレクス動作をインプリメントするための別の方法、例えば時分割デュプレクス (TDD) 等を用いることも可能である。”リンク”という術語は、本明細書においては、基地局10と端末15_iとの間のアップリンク及びダウンリンク通信の双方を指し示すために用いられる。

【0017】図2においては、5つの端末15_{d-e}と通信を行なうための3つのアップリンクビーム20_dと3つのダウンリンクビーム21_{d-e}が示されている。別の実施例においては、同程度の数の同時に生成されたビームがインプリメントされ得る。同時に生成されるビームの数を増加させると原理的にはシステムの能力が増加する。しかしながら、このようにビーム数を増加させると、干渉レベルをも増大させることになる。よって、セルあたりのビーム数は干渉レベルによって制限されており、例えば地形、端末の集中度、建物の高さ等の種々の要因によって変化する。セル当たりで同時に生成されるビームの数は、通常およそ2からおよそ7の範囲にあるものと考えられる。

【0018】前述されているように、本発明はTDMを利用する。よって、図2は、本発明に係るTDMベースのFWLシステムの動作を時間軸上の一点において示していることになる。図3に示されているように、時間軸は周期的なフレーム30に分割されており、各々が複数個の時間スロット35_iを有している。各々の時間スロット35_iにおいて利用可能な時間は、通常、プリアンブル31を伝達する目的、ユーザ識別及び同期情報32を提供する目的、”ペイロード”33を提供する目的、及びガードタイムを提供する目的、で不均等に分割されている。フレーム30は通常数百ミリ秒の持続時間を有するが、各々の時間スロットは著しく短い。ここで、フレーム30及び時間スロット35_iあたりに割り当てられている時間が、特定のアプリケーション及びインプリメンテーションに際した嗜好に係る通信上の要求に依存して変化し得る。

【0019】時間スロット35_iの間に、アップリンクビーム20は単一の端末15_iからの情報を受信し、ダウンリンクビーム21は単一の端末15_i宛の情報を送出する。しかしながら、特定の端末に対するダウンリンク及びアップリンクは、必ずしも同時である必要はない。例えば、図2は、同一の時間スロットにおいて端末15_dと通信しているダウンリンクビーム21_d及びアップリンクビーム20_dを示している。他方、基地局10_dと端末15_{d1}、15_{d2}、15_{d3}及び15_{d4}の各々との間のダウンリンク及びアップリンクは同時ではない。

【0020】通常、端末15には、送受信に関して、時間フレーム30当たり単一のスロット35_iが割り当て

られる。しかしながら、フレームあたりに1スロット以上が、同一のビームあるいは相異なったビームで、単一の端末15_iに対して割り当てられることも、通信要求によっては可能である。例えば、特定の端末15_iとの間で大量のデータ伝送がある場合には、その端末に対してはフレーム当たり複数のスロットが割り当てられ得る。

【0021】各セルにつき同時に”アクティブ”になり得るサポートされている端末の総数には、 $b \times T$ という上限が存在する。ここで、 b はセル当たりのビーム数であり、 T はフレーム当たりの時間スロット数である。アクティブな端末15の実際数は、干渉を考慮すると、要求があった場合においても $b \times T$ よりは通常小さい。特に、ある時点においてサービスを要求している端末の位置に依存して、あるタイムスロットが激しい干渉のために使用不能になる可能性もある。さらに、そのようなスロットは、既にアクティブになっている端末との干渉を回避する目的で、未使用にしておく必要がある場合もある。

【0022】本発明の望ましい実施例においては、全てのビーム20及び21、及び全てのセル5におけるフレーム及び時間スロットの境界は、同期が採られているかほぼ同期が採られている。同期を採ることによって相互干渉の制御が簡略化される。しかしながら、同期を採ることによってある種の問題が生じる。なぜなら、セル5の半径方向に亘る伝播時間が連続するスロット間のガード時間よりも長い可能性があるからである。ガード時間を管理する目的で、各端末15_iの”送信開始”時刻は、端末15と基地局10との間の距離に比例した時間だけ、先に進められなければならない。このようにして、同一のセル及び時間スロットに属する端末15からの伝送は、その特定の時間スロットの間のみ互いに干渉しあう可能性があることになる。

【0023】上記状況は、セル外干渉の場合ではない。他のセル5からの著しい干渉は、その次の時間スロットの持続時間全体に亘って到達する可能性があり、通常その時点の時間スロットと連続した次の時間スロットとの双方に対して影響を与え得る。セル外干渉を取り扱う一つの方法は、干渉が双方の時間スロットに存在すると単純に仮定することである。この種のアプローチを取ると、干渉レベルを保守的に見積もることになる。

【0024】本発明に係る”干渉を制限した”FWLシステムは、短いリンクと長いリンクとの間での受信された信号強度の拡散を低減するための電力制御を含んでいることが望ましい。基地局への経路における損失が大きい端末は、損失が小さい経路を有する端末よりもより大きい電力で送信することが必要である。同様に、高損失経路を有する端末へ送信する基地局のトランスミッタは、低損失経路を有する端末へ送信する際よりも大きな電力を送信する。データベース作成及び更新に関して信

号強度の測定がなされる場合には、正しい送信電力レベルが用いられる。

【0025】さらなる実施例においては、送信される電力が動的に制御され得る。この場合には、本発明に係るシステムはそれぞれの時点において存在している干渉電力を補償する。このような方式においては、システム内に存在する全てのトランスミッタから送信される電力は固定されていない。動的電力制御の一実施例においては、送信電力は、リンクが送信される以前に決定され、その後は固定される。別の実施例においては、送信電力は、リンクの使用される品質に基づいていずれの時点においても変化させられ得る。

【0026】リンクが送信される以前に送信電力が決定されてその後は固定されるような実施例においては、セルコントローラ間での調停、計算及び情報の流れが、送信電力が可変であるような実施例において必要とされるものよりも、著しく少ない、という点に留意されたい。本明細書に記載されている本発明の実施例においては、送信電力は固定されている。電力制御は種々の方法によってインプリメントされ得るが、それらは当業者には既知である。

【0027】干渉レベルは、その時点でアクティブである他のリンクの位置に依存して、通常各リンク毎に著しく変化する。さらに、平均的には、アップリンクよりもダウンリンクの方が干渉を受けにくい。その理由は、ダウンリンクに係るセル内の干渉源起因の干渉、すなわち同一の基地局10から発せられる他のビームによって発生する干渉、が、所望の信号それ自体と関連して消失する可能性があるからである。なぜなら、それらは全て同一の経路を伝播するからである。

【0028】それに関連して、いくつかの望ましい実施例においては、適応符号化及び／あるいは変調方式が、それらを用いない場合には使用不能となる時間スロットを救う目的でインプリメントされる。例えば、要求される特性を単一の時間スロットが実現することが不可能である場合には、低レート符号化を有する2つの時間スロットが割り当てられ得る。

【0029】代替法として、もしくは適応符号化及び変調と組み合わせて、ある形態の時間ダイバシティ法が、複数の時間スロットを単一の端末15_iに対して割り当てることによってインプリメントされ得る。これは、相異なった時間スロットに関する干渉が相異なったトランスミッタによって生成されており、それらが独立して消失する、という事実を利用したものである。このような方法は、各々の時間スロットにおいて単一の干渉源からの干渉が支配的であり、それらがレシーバに対してレイリー(Rayleigh)フェージングチャンネルを介して到達しているような場合に特に有効である。別の実施例においては、角度ダイバシティが用いられ得る。この場合には、同一の時間スロットにおいて、相異なった

方向から到達する2つの信号を利用するために、2つのビームが用いられる。電話技術の分野において一般的なことであるが、インストールされている端末15の数はシステムの容量を著しく超過している。すなわち、端末15_iは、サービス要求をした場合に拒否される可能性がある。ある個数のインストールされた端末及びFWLシステムの通常の制限が存在する場合に、本発明に係るTDMベースのFWLシステムは、このような拒否の可能性を、従来技術に係るシステムと比較して、低減する。

【0030】よって、アクティブな端末15の組は、セル5内に存在する端末の総数のサブセットである。このサブセットは、休止状態の端末が要求を行ない、サービスを保証され、そしてアクティブ状態の端末がそれぞれのセッションを終了して”ハングアップ”するにつれて時間と共に変化する。本発明に従って、空中へのアクセスを制御するタスク、及びビーム20及び21及び時間スロット35₁を割り当てるタスク、は、図17に示されているように、セルコントローラ25によって実行される。

【0031】セルコントローラ25は、各々のセル5の基地局に配置された適切にプログラミングされたマイクロプロセッサとしてインプリメントされることが望ましい。種々の機能の中でも、セルコントローラ25は、以前には休止状態にあった端末15からのサービス要求を受信して処理する。要求は、制御チャンネル27を介して伝達される。この制御チャンネル27は、システム容量に対する影響を少なくして種々の方法でインプリメントされ得るがそれらの方法は当業者には既知である。例えば、制御チャンネル27は、アップリンク及びダウンリンクに用いられる周波数 f_1 及び f_2 以外の周波数を利用して実現され得る。

【0032】本発明に従ってセルコントローラが端末15_iによるサービス要求を処理する方法の実施例が図4に示されている。101に示されているように、セルコントローラ25は、制御チャンネル27を介してサービス要求S1を受信する。セルコントローラ25は、103に示されているように、その端末に対する適切なアップリンク時間スロットを検索する。

【0033】ここで示されている実施例においては、適切なアップリンクスロットは、以下の2つの条件を満足することが望ましい。第一の条件は、基地局のレシーバにおける干渉レベルが適切な受信を許容する程度に十分に低い、ということである。第二の条件は、その時間スロットにおける要求側端末による送信が、その時間スロットにおいて既に設定されている他の基地局によるリンクに対して、そのリンクの性能が受容不能になる程度までには影響を与えない、ということである。

【0034】適切なアップリンクが見い出された場合には、セルコントローラ27はその端末に対して適切なダ

ウンリンク時間スロットを検索する(107)。ダウンリンクタイムスロットも、同様に2つの条件を満足しなければならない。第一の条件は、その端末のレシーバにおける干渉レベルが十分な受信を許容する程度に充分に低い、ということである。第二の条件は、その時間スロットにおける基地局による送信が、その時点で既に設定されている他の端末によるリンクの性能を受容不能になる程度までには劣化させてはならない、というものである。ここで、現時点においては、どの時間スロットが最初に検索されるか、に関しては何ら嗜好はない、ということに留意されたい。

【0035】前述された”干渉レベル”及び”受容不能な性能”が、変調方式、フェージング環境等を含む(それらに限定されているわけではない)、種々の考察に依存したシステムデザインパラメータであることに留意されたい。この種の術語をFWLシステムの特定のインプリメンテーションに関して定義することは当業者には容易である。アップリンク及びダウンリンクスロットを検索する本発明に係る方法の詳細は、以下に図10を参照して記述する。

【0036】セルコントローラ25が適切なダウンリンクスロット及び適切なアップリンクスロットを見い出さなかった場合には、119に示されているように、サービス要求は拒否される。よって、本発明に係るTDMベースのFWLシステムは、適切な場合には新たなユーザをブロックすることによって、現在のユーザに関して中断されたり通話が落ちたりすることを防止する。このことは、”ブロックする”ことによって進行中の通話品質が徐々に劣化し、ある場合には通話が落ちてしまうことにつながるCDMAベースのシステムとは異なる点である。

【0037】アップリンク及びダウンリンクスロットが見い出された場合には、それらは、111に示されているように、その端末に対して割り当てられる。要求側端末には、115において、その割り当てが通知される。他の隣接するセルのセルコントローラは、当該セルのセルコントローラ25によって新たなリンクについて通知される。隣接するセルコントローラ間の通信及び調停は、本発明の望ましい実施例における重要な特徴であるが、後に詳細に記述される。

【0038】セルコントローラ25は、ダウンリンク及びアップリンクスロットを要求側端末15に割り当てた後、ビーム形成器40に対して、その適切な時間スロットの間に用いるダウンリンクビーム及びアップリンクビームを計算するように指示する。ビーム形成器40は、これは適切にプログラミングされた専用マイクロプロセッサによってインプリメントされ得るものであるが、信号対総干渉信号比(”S/TI”)を最大にするように、各々のダウンリンクビーム21及びアップリンクビーム20を”形成”する。その結果得られたアップ

リンクビーム20の指向性パターンは、主ローブからあるオフセット角のところに、著しい干渉源(”強い干渉源”)から受信される信号を減衰させるように配置された”ノッチ”を有している。同様に、上記形成されたダウンリンクビーム21の放射パターンには、主ローブからあるオフセット角のところにノッチが設けてあって、それが無い場合に送信によって著しい干渉を受けてしまう端末15によって受信される信号を減衰するように設定されている。通常、比較的強い干渉源を減衰させる目的で比較的”深い”ノッチが生成されるが、比較的弱い干渉源を減衰させる目的には比較的”浅い”ノッチが生成される。

【0039】図5は、ビームの放射パターン例を示した図である。このビームは、主ローブP1の中心から、参照符号AZ1-AZ6によって示されている6つのオフセット角のところに位置している6つの強い干渉源を減衰させるように計算されたものである。図5に示されたプロットは、基地局のアップリンクビーム20の放射パターンによって、オフセット角AZ1-AZ6に位置している6つの潜在的な干渉源からは非常に弱い干渉信号しか受信していないことを示している。

【0040】ビーム形成器40に係る詳細な記述及び最適なアップリンク及びダウンリンクビームを決定する方法例に関しては、後に図12-15及び17-19に関連して記述される。

【0041】セルコントローラは、前述されているように、その種々の機能のなかでも、要求側端末によるアップリンクスロットでの送信が既に設定されている他の基地局に影響を与えるか否かを決定する。この決定には、与えられたセル5のセルコントローラ25が他のセル内に存在するリンクにおける干渉レベルに関連する情報へのアクセス手段を有している、ということが要求される。このような”セル間”調停すなわち通信は、与えられたセルのビーム形成及びスロット割り当てがその与えられたセル内の条件だけではなく隣接するセルにおける条件にも基づいている、ということであるが、システム全体として最適な機能を実現する。本発明の望ましい実施例においては、このセル間調停が利用される。

【0042】このようなセル間調停が用いられる場合には、各々のセルコントローラ25は、”隣接する”セルコントローラからそれぞれのセル内でのアクティビティに係る情報をリアルタイムで収集し、自らのセル内でのアクティビティに係る情報を隣接するセルと共有する。収集される情報の詳細は、後に記述される。隣接するセルコントローラ25との間の通信は、従来技術に係る有線デジタル通信技術を用いて実現され得る。

【0043】隣接するセル5及び隣接するセルコントローラ25は、本明細書においては、特定のセルの”クラス”に属するものとして定義される。セル5aのような隣接するセルは、特定のセル、例えばセル5c、のク

ラストに、例えばセル5 a から発せられる送信がセル5 c における受信に”著しい”干渉を引き起こす場合、あるいはセル5 c から発せられる送信がセル5 a における受信に”著しい”干渉を引き起こす場合には、属していると見なされる。言い換えれば、複数のセルにおける無線アクティビティに対して著しい影響を決して与えずかつ著しい影響を決して受けないセルは、そのクラスタには属していない。これは通常それらの間に十分に大きな距離が存在するからである。

【0044】当業者による本発明のインプリメンテーションにおいて、”著しい”という術語は、例えば干渉強度の特定の値のような、定量的な定義が必要となる。”著しい”干渉を定義するために最終的に選択される数値は、特定のアプリケーションに係る設計上の優先項目、例えば容量、信号対雑音比、利用可能な計算能力等、に基づく妥協から得られる。当業者であれば、特定のシステム設計の場合に”著しい”という術語を定量的に定義することが可能である。

【0045】別の実施例においては、本発明は、”セル内”調停のみを用いてインプリメントされ得る。セル内調停のみを用いた実施例においては、それぞれのセルに関するビーム形成及び時間スロット割り当ては、隣接するセルにおける状況を考慮することなく、そのセル内の相互干渉を最小にすることに基づいてなされる。以下、*

* 本明細書においては、本発明はセル間調停を用いた実施例が記述される。しかしながら、セル間調停ではなくセル内調停を用いることによっても本発明は実施され得ることに留意されたい。

【0046】スロット割り当て決定を行なう目的でセルコントローラ25が利用し、図17に示されているようにビーム形成計算用にビーム形成器40へ供給するデータの一部は、図17及び表1及び2に示されているように、データベース45にストアされる。詳細に述べれば、クラスタ内の各セルコントローラ25は、それぞれのセル内及びそのクラスタ内の可能性のある全てのリンクの間の相互干渉レベルに関するデータを有しているデータベース45にアクセスする。本発明に係るFWLシステムの各々のセルのクラスタは別個のものであるため、特定のセルコントローラ25によってアクセスされるデータベース45は単独である。データベース45は、各基地局10に位置するコンピュータ記憶手段として、あるいはFWLシステムのある地域における複数のセルコントローラに対してサービスを提供する地域コンピュータ記憶手段として、インプリメントされ得る。

【0047】以下の表1及び表2は、データベース45の概念構成例を示している。表1は、データベースマトリクスの概観を示している。

【表1】

セル内リンク	クラスタ内リンク											
	セルA				セルB				最終セル			
	(A,1)	(A,2)	...	(A,n _A)	(B,1)	(B,2)	...	(B,n _B)	(FC,1)	(FC,2)	...	(FC,n _{FC})
(1)	-	-	...	-	-	-	...	-	-	-	...	-
(2)	-	-	...	-	-	-	...	-	-	-	...	-
(3)	-	-	...	-	-	-	...	-	-	-	...	-
(4)	-	-	...	-	-	-	...	-	-	-	...	-
...	-	-	...	-	-	-	...	-	-	-	...	-
...	-	-	...	-	-	-	...	-	-	-	...	-
(n)	-	-	...	-	-	-	...	-	-	-	...	-

【0048】前述されているように、各セルコントローラ25はそれぞれデータベースを有している。”セル内”という表現は、セルコントローラの視点を表わしている。言い換えれば、セル内リンク、という表現は、そのセルコントローラの属するセル内のリンクを表わしている。”クラスタ内”という表現は、そのセルコントローラが属しているクラスタ内のリンクを表わしており、そのセルコントローラの属するセル内のリンクを含んでいる。

【0049】表1に示されているように、データベース45の最初の列は、可能性のある”セル内”リンク全てを示している。第一列にリストされた可能性のある各セル内リンクと組にされているのは、可能性のあるクラス

※タ内リンクの全てである。よって、セル内リンク1は、セルA内のn_Aリンク（端末）、セルB内のn_Bリンクから、そのクラスタの最終セル内のn_{FC}リンクを含む、そのクラスタ内の他の全てのリンクと組にされている。同様に、セル内リンク2からnは、それぞれクラスタ内リンク全てと組にされている。

【0050】表2は、図6に示されたリンクよりなる組に関するエントリ例を示している。図6は、セル5 fのクラスタに属するセル5 f 及びセル5 hを示している。セル5 f は、基地局10 f と端末15 f との間のリンク47を含んでおり、セル5 h は、基地局10 h と端末15 h との間のリンク49を含んでいる。各々のリンクは、デュプレクス動作、すなわちアップリンク及びダ

ウンリンク、を表わしている。

* * 【表2】

セルfのデータベース例

クラスタ内リンク

セル内リンク	セルh					
	リンク(h,3)					
	セルfでの干渉		セルfによる干渉		セルfの基地局から見た 端末(h,3)の方位	セル内端末の方位
	<u>アップリンク</u>	<u>ダウンリンク</u>	<u>アップリンク</u>	<u>ダウンリンク</u>		
46	-	-	-	-	-	-
47	47U	47D	49U	49D	AZH49	ZF47
48	-	-	-	-	-	-

【0051】例示目的で、表2に示されたデータベース45がセル5fのデータベースであると仮定する。この場合には、リンク47はセル内リンクである。データベース45は、各リンク対に関して6つのエントリを有している。それらのうちの4つのエントリは、可能性のあるセル内リンク、例えばリンク47、と可能性のあるクラスタ内リンクとの間での相互干渉レベルに関するものである。例えば、リンク49は、それら可能性のあるクラスタ内リンクの一例である。各リンク対に関する4つの干渉値は、図6に関連して記述される。

【0052】第一に、セル5f内のリンク47は、セル5h内のリンク49による干渉を受ける。より詳細に述べれば、アップリンク49での端末15h₃からの送信は、図6において参照番号51で表わされているように、アップリンク47に関して基地局10fに干渉を与える。さらに、ダウンリンク49での基地局10hからの送信は、参照番号53で示されているように、ダウンリンク47に関して端末15f₃₀に干渉を与える。第二に、セル5h内のリンク49は、セル5f内のリンク47による干渉を受ける。より詳細に述べれば、アップリンク47での端末15f₃₀からの送信は、参照番号55で示されているように、アップリンク49に関して基地局10hに干渉を与える。さらに、ダウンリンク47での基地局10fからの送信は、参照番号57で示されているように、ダウンリンク49に関して端末15h₃に干渉を与える。

【0053】表2は、セルf内のリンク47及びクラスタ内リンク49に関する基地局エントリを示している。“リンク(h,3)”のところに示された最初の2つのエントリは、それぞれアップリンク47及びダウンリンク47に関してセルfにおいて受ける干渉を表わす値を示している。次の2つのエントリ、49U及び49Dは、それぞれアップリンク49及びダウンリンク49に関してセルhで受ける干渉を表わす値を示している。

【0054】本発明の望ましい実施例においては、データベースにおける値は規格化された信号対雑音電力比として表現されている。本明細書においては、それらをJ/Sと定義する。別の実施例においては、データベース

※の値が、例えば受信される干渉信号強度等の、別の方法によっても表現され得る。

【0055】前述されているように、各リンク対に関して、第5及び第6エントリが含まれている。第5エントリは、セル内基地局から見た場合のクラスタ内端末の“位置”を表わしている。すなわち、AZH49によって示されているように、基地局10fのビームの主ローブに関する端末15h₃の方位である。クラスタ内端末の位置は、セルコントローラ25によって特定の端末を“ノッチアウト”するように指示された場合に、ビーム形成器40によって用いられる。そのような場合には、セルコントローラ25は、データベース45からこの種の情報を読み出し、それを適切なビーム形成器40に供給する。ここで、データベース45においては、ビーム形成計算目的ではクラスタ内端末の位置が“方位”として表わされることが望ましいが、クラスタ内端末の位置がビームの主ローブに対する“オフセット角”として表現されるべきであることに留意されたい。この場合には、セルコントローラは、クラスタ内端末の位置をオフセット角として表現するために、セル内端末の方位（ビームの主ローブの方向）とクラスタ内端末の“方位”との間の差を決定する。6番目のエントリは、基地局から見た場合のセル内端末の方位、すなわち10fから見た場合の15f₃₀の方位であり、AZF47によって表現されている。

【0056】データベース45中の各々のエントリは、測定された干渉対信号電力比を反映している。このような比は、端末が最初にサービスを供給された場合にまず決定され、望むらくは周期的に更新されるものである。干渉は、図7及び図8に示されていて以下に記述される方法例に従って測定されることが望ましい。

【0057】図7は、ダウンリンク干渉を測定する方法例を示している。ブロック201に示されているように、セル5（プライマリセル）の基地局10は、そのセル内の端末15₁に向けてダウンリンクビームを放射する。この測定に関して基地局10によって生成されるビームは、干渉を減衰させるノッチを有さない“標準的なパターン”のビームである。さらに、このビームの送信

強度は、端末15_iによって受信される信号が通常の動作に関する強度制御方式に従うように調節される。そのセルのクラスタ内の各々の端末15は、受信された信号の強度を測定する（ブロック203）。各受信端末は、その測定をそれぞれのセルコントローラ25に報告する（ブロック205）。

【0058】各端末に関する所定の受信信号強度を知ることによって、セルコントローラは、データベース値の表現が依拠している干渉対信号強度比を計算する。

【0059】各セルコントローラ25は、干渉測定の結果をクラスタ内の全てのセルコントローラ宛に通知する。このセル間通信はブロック207に示されている。

【0060】決定ブロック209においては、送信側基地局がそのセル内の各端末15宛に送信したか否かが問われる。各端末宛に送信し終わっていない場合には、次の端末が選択され（ブロック211）、プライマリセルの基地局はその端末宛に送信する。受信信号強度測定は、クラスタ内の全ての端末に関して反復される。このようにして、プライマリセルの基地局10はそのセル5内の各端末宛に送信し、プライマリセルのクラスタ内の各端末15はその送信の間に受信信号強度を測定する。このことにより、プライマリセルの基地局10に係るダウンリンク測定が完了する。

【0061】そのセルに係る全てのダウンリンク測定が完了すると、ブロック213に示されているように、他のセルに係る測定が開始され得る。

【0062】アップリンク干渉測定の望ましい実施例が図8に示されている。ブロック221に示されているように、“プライマリセル”であるセル5内の端末15_iは、基地局宛に送信する。当該基地局は、標準的なパターンのアップリンクビームをその端末に向けている。端末の送信強度は、基地局において受信される強度が通常の動作に関する強度制御方式に従うように調節される。ブロック223に従って、プライマリセルクラスタの他の全てのアップリンクビーム20が、前記送信の間に、そのビームの対応するセル内の各端末15に対して端末毎に向けられている。このようにして、プライマリセル内の単一の端末が送信する際の、そのセル内の各端末が面しているアップリンクビームによって受信される信号強度が測定されて記録される。この場合においても基地局のアンテナの標準的な放射パターンが測定に用いられ、必要とされる場合には、セルコントローラは測定結果を規格化された信号対干渉強度比、すなわち干渉強度の信号強度に対する比、として表わす。

【0063】プライマリセルを含むクラスタ内のセルコントローラは、測定された情報をクラスタ内の各セルコントローラと共有する（ブロック225）。決定ブロック227においては、プライマリセル内の全ての端末が基地局宛に送信したか否かが問われる。送信し終わっていない場合には、プライマリセル内の別の端末15が送

信するように選択され（ブロック229）、前述の信号強度測定が反復される。この測定は、プライマリセル内の各端末15が基地局10宛に送信し終わるまで反復される。次いで、ブロック231に示されているように、別なセルがプライマリセルとなり、干渉測定が継続される。

【0064】データベース45にストアされたセル内端末の方位は、地図から求められた方位ではなく、基地局10と端末15_iとの間を伝播する所望の信号の最強マルチパス成分の到達方向の実際の角度に基づいていることが望ましい。端末のアンテナをインストールする際には、最適なロケーションを検索してアンテナを受信最良となるようにチューニングすることが望ましい。このことは、信号の最強マルチパス成分の到達方向を探すために基地局のアンテナを走査することによって実現される。このような測定に基づき、かつ強度制御方式に従って、各トランスミッタの送信強度が選択される。アップリンク及びダウンリンクは相異なった送信周波数を用いることが望ましいため、測定は双方の周波数に関して実行されることが必要であり、ある種の妥協が選ばれる。

【0065】実際の理由から、セル外端末の方位は地図から求められた方位に基づいている。地図から求められた方位よりも測定された方位をストアすることが望ましいが、この種のデータを求めることは著しく複雑なデータ収集となる。このようなアプローチは、この種のタスクの膨大さのために、現時点では実際的ではないと信じられている。しかしながら、より小さなスケールのシステムに関しては、基地局とクラスタ内端末よりなるあらゆる対に関して主要な干渉信号の到達方向の実際の角度を測定することは実際的である場合がある。

【0066】本発明の望ましい実施例においては、本発明に従ったTDMベースのFWLシステムは、測定の継続期間にその目的に割り当てられた時間スロット35を用いた自動データベース更新のための適切なエレクトロニクス及びソフトウェアを有している。

【0067】データベース45に加えて、各々のセルコントローラ25は、それ自体、セル内及びクラスタ内のアクティブリンク46に関するリストを管理している。リスト46は、そのセルの属するクラスタ内の全てのアクティブリンク、アップリンク及びダウンリンクに関して割り当てられた時間スロット、及び（基地局に位置している）アップリンクレシーバ及び（端末に位置している）ダウンリンクレシーバによって認識される干渉対信号比（T I / S）あるいはその逆数の推定値を含んでいる。

【0068】セルコントローラ25は、データベースエントリ、クラスタ内のアクティブリンクに係る現時点でのリスト、及びセル内の各リンクをサポートするために生成された実際の放射パターンを用いて、セル内のリンクに係るS / T Iを計算する。セル外アクティブリンク

に関しては、セルコントローラ 25 は、クラスタ内の他のセルコントローラに依拠しており、セル外アクティブリンクに係る識別、それらのリンクに対して割り当てられた時間スロット及び S/T I に関する情報の供給を受ける。このようなセル間通信は、あるセルのセルコントローラが他のセル内のリンクに係る S/T I を計算することが不可能である（なぜなら、各セルは独自のクラスタを有しているからである）ために必要となる。前述されたセル外（かつクラスタ内）情報は、図 9 に示されているように、入力データ S 3_{in}によってセルコントローラ 25 に対して供給される。

【0069】特定のセルのセルコントローラ 25 は、クラスタ内のアクティブリンクのあらゆる変化が通知された場合には、そのリスト 46 に関してある種のアクションを取る。例えば、セルコントローラ 25 は、入力データ S 2 を介して、セル内の端末が送信を終了することを通知される。それに応答して、セルコントローラは、ブロック S 2 P に示されているように、リスト 46 からその端末に係るアップリンク及びダウンリンクを削除し、セル内の全てのリンクに係る S/T I を再計算し（ブロック 121）、出力データ S 3_{out}を介してクラスタ内の他のセルコントローラ宛に削除及び更新された S/T I 値を通知する（ブロック 127）。セルコントローラは、同様に、セル外リンクの追加あるいは削除に係る情報を含んでいる可能性のあるデータ入力 S 3_{in}を受信する。それに応答して、コントローラは、図 9 のブロック S 3 P に示されているように、リスト 46 内のエントリを更新する。その後、セル内リンクに係る S/T I を再計算し（ブロック 121）、クラスタ内の他のコントローラ宛に更新された値を通知する（ブロック 127）。

【0070】セルコントローラは、それぞれ S 2 P 及び S 1 P によって示されているように、そのセル内で新たなリンクを削除したり設定したりする場合、あるいはデータ入力 S 3_{in}を介してそのクラスタ内のセル外リンクの状況の変化の通知を受ける場合には、同一スロットに対応するアップリンクビームのうちのいずれをも変化させることが可能である（ブロック 123）。この種の変更は、新たなリンクによって引き起こされる干渉を最小にする目的である。その後、セルコントローラは、セル内の同一スロットに対応する全てのリンクに係る S/T I を再計算する。同様に、コントローラは同一スロットに対応するダウンロードビームを変更することを決定する（ブロック 125）。この変更は、新たなリンクを保護する目的である。セルコントローラは、S 3_{out}を介して、クラスタ内の他のセルコントローラにアップリンクの更新された S/T I を通知する。しかしながら、ここで記述されている本発明に係る望ましい実施例においては、ダウンリンクビームの S/T I の調整に関しては他のセルコントローラには通知しない。このことは、コントローラ間のデータフローを制限する目的である。別

の実施例においては、他のセルコントローラに対してダウンリンクビームの S/T I の調整について通知することもあり得る。

【0071】リンクが追加された場合により明らかであるが、セルコントローラは、セル外端末が送信を終了する場合であっても、そのビームを変更することが望ましい。不要なノッチを削除することによってビームを変更する際に、セルコントローラは必要に応じて新たなノッチを生成することを容易にし、それによってシステムの容量を改善する。

【0072】セルコントローラは、セル内のリンクに係る S/T I（あるいはその逆数）を計算する際には、データベースから規格化された信号対干渉信号測定の結果を利用する。前述されているように、データベース測定は標準的な放射パターンを用いて、すなわち干渉を緩和するノッチを有さないビームを用いて得られたものであるため、計算された S/T I は控え目なものである。

【0073】図 4 に関して既に記述されているように、サービス要求が受信された場合には、セルコントローラ 25 は、適切なスロットを見い出せた場合には、アップリンクビーム 20 に受信スロット、ダウンリンクビーム 21 に送信スロット、をそれぞれ割り当てる。セルコントローラ 25 はデータベース 45 からの情報及びアクティブリンク 46 のリストをこの目的のために利用する。データベース 45 及びアクティブリンク 46 のリストに関し記述したので、以下、セルコントローラがアップリンク及びダウンリンクスロットを割り当てる方法例を記述する。

【0074】アップリンクスロットに関しては、セルコントローラは、第一時間スロット 35₁上の提案されたリンクに係る基地局のレシーバにおける S/T I を推奨する（図 10 のブロック 131）。アップリンクスロットの適切性を決定する際には、セルコントローラ 25 は、最強干渉源を含む少数のグループからの干渉を減衰させるための適切な深さを有する複数のノッチを有するビーム 20 を生成することがセル 5 内のアップリンク形成器 40 にとって可能であるかを考慮する。

【0075】図 5 に示されたピーク P 1 のような主ローブのピークとオフセット角 A Z 1 - A Z 6 に示されているような干渉源の方向における放射パターンのレベルとの比、という意味での干渉減衰の実現可能な値は、例えばアンテナの物理的な配置、ビーム形成器 40 が減衰させようと試みている干渉源の個数、主ローブに関する干渉源の角度的な位置、各干渉源の相対強度、及びアンテナの許容度、すなわち実際の構造と電子回路が対応するビーム形成器によって知られている情報から異なっている程度、等を含む種々の要因に依存している。詳細に述べれば、位相及び振幅のドリフトは、生成されるノッチの深さ及び正確な位置に著しい影響を与える。しかしながら、アンテナの構造及び電気的な構成と較正手続きと

が与えられている場合には、“主ローブ”と考えられる部分から外れたところに少数の干渉源が位置しているためにほとんど常に超過されてしまうことになる、“ノッチの深さ”に関する単純な最悪ケースにおける下限を設定することが可能である。例えば、35 dB という信号対干渉信号比が、主ローブ外に位置する干渉源に関して仮定され、主ローブ内では標準的なパターンが仮定される、ということが可能である。

【0076】よって、ある実施例においては、セルコントローラ25は、基地局のレシーバにおけるS/TIの期待値を計算するために、前述されている境界条件を利用する。基地局のレシーバにおける、データベースに基づくS/TIの期待値は、 $S / [\Sigma J_i]$ として表わされる。ここで、Sは信号強度であり、 J_i は標準的なビームパターンが用いられた場合にi番目の干渉源から受信される強度である。強力な干渉源からなる選択されたグループをファクタ β_i を用いることによって減衰させる目的で、ある方向に関してノッチが形成され得る。 $\beta_i J_i$ は、ノッチを導入した後に残存している干渉強度である。境界条件が与えられると、 β_i は各ノッチアウトされた干渉源に関して容易に決定される。それゆえ、ファクタ β は境界条件によって規定されたように干渉源強度のさらなる低下を考慮している。ノッチアウトされない干渉源に関しては $\beta = 1$ である。よって、このようにして得られる $T I / S$ は $[\Sigma \beta_i J_i] / S$ である。

【0077】別の実施例においては、仮定されたノッチ深さを用いる代わりに、セルコントローラ25が後述されている方法を用いて放射パターンを計算する。この方法においては、ビームを計算するために必要とされる最適な“重みベクトル”が決定され、S/TIが計算される。セルコントローラ25は、計算されたノッチの実現可能な“深さ”を制限する電氣的及び機械的な誤差に関するある種のマージンを許容することが望ましい。

【0078】決定ブロック133においては、セルコントローラは、基地局のレシーバに関して更新されたS/TIがS/TIのスレッシュホールド値、すなわち“許容される”受信のための最小S/TI、以上であるか否かを調べる。新たなS/TIがスレッシュホールド値よりも小さい場合には、セルコントローラは全てのアップリンクスロットがチェックされたか否かをチェックする（決定ブロック134）。全てのスロットがチェックされていて許容されるものが見い出されなかった場合には（ブロック135）、その要求は拒否される。それ以外の場合には、計算が他のスロットに関して反復される（ブロック136）。

【0079】計算されたS/TIがスレッシュホールド値以上である場合には、セルコントローラは、リンクを追加することがそのスロットを既に使用している他の基地局に対して少なくとも一つのリンクの受信が許容され得ない程度にまで影響を与えるか否かを決定する（ブロック

137)。このことは、クラスタ内の全てのアクティブなリンクに関してS/TIを再計算することによって実現される。この計算を実行するために、セルコントローラ25はそれ自体のリスト46からアクティブなリンクの各々に係るS/TIを読み出し、対応するデータベースエントリに基づいて追加される干渉の効果を決定する。考慮されている新しいリンクの追加によるS/TIの新たな期待値は、 $1 / ([\Sigma J_i] / S + J_n / S)$ である。既に設定されているいずれかのリンクに係る計算されたS/TIが許容限度を越えて劣化する場合には、その時間スロットは拒否される。

【0080】追加された端末15の他の端末への影響を考慮する際、セルコントローラ25は、他の基地局10が端末15の干渉効果を最小にすることを企図して放射パターンにノッチを生成することが可能であるということに依拠しない。その理由は、他のセルコントローラがこの種の要求に“リアルタイムで”応答することが不可能であるからである。よって、セルコントローラ25は、あるスロットを利用している全てのセル外アクティブリンクがそれらのビームを調節する以前に追加されると見なされている干渉を許容できる場合にのみ、その受信スロットを認可する。しかしながら、新たなリンクの通知の後、影響を受けるセルのセルコントローラは、図9に係る議論において既に指摘されているように、アップリンクビーム20を変化させることによって、受信される干渉を低減することが望ましい。

【0081】決定ブロック138においては、既存の全てのリンクに係るS/TIがスレッシュホールド値以上であるか否かが調べられる。スレッシュホールド値以上である場合には、アップリンクスロットが見つかったことになる（ブロック139）。単一あるいは複数個のリンクに係るS/TIがスレッシュホールド値未満である場合には、考慮されている時間スロットは拒否される。全ての時間スロットが考慮された場合には、サービス要求は否定される。チェックされるべき時間スロットが残存している場合には、次の時間スロットが選択され（ブロック136）、その時間スロットに係るS/TIが前述されているように計算されて処理される。

【0082】セルコントローラ25は、ダウンリンクスロットを考慮する際にも本質的に同様の段階を実行する。まず、候補となった時間スロットに関して端末のレシーバにおけるS/TIが計算される（ブロック131）。端末のレシーバにおける干渉は、他の基地局によって引き起こされる。セルコントローラは、要求側端末を利する目的で他の基地局がノッチを追加することによってダウンリンクビームを変化させることが可能であるという事実に依拠しない。それゆえ、計算されたS/TIはデータベースに基づくものである。

【0083】候補となったスロットに係るレシーバにおける計算されたS/TIがスレッシュホールド値以上である

場合には、セルコントローラは、さらに、そのスロットで受信状態にあるクラスタ内の全ての端末15が基地局の送信による新たな干渉を許容しうることを確認する。このことに関しては、セルコントローラ25はデータベース45から得られた値を用いて影響を受けた後のS/TIを計算する。必要な場合には、セルコントローラは、それ自体のビーム形成器が複数のノッチを生成することが可能であるという事実を利用する。これらのノッチの深さは境界条件を用いて控え目に見積もることが可能である。

【0084】全ての計算及び比較は、適切なスロット対が見い出されるまで、あるいは全ての時間スロットがチェックされて適切なスロット対が見い出されない状態になるまで、反復される。セルコントローラ25は、要求を満たすスロット対を見い出した場合には、ビーム形成器40に選択されたスロットにおいて受信及び送信ビームを生成するように指示する。それ以外の場合には、要求側端末はアクセスが拒否される。

【0085】これまでに幾度となく参照されたビーム形成の詳細が以下に記述される。ビーム形成器40は、システムの遅延を回避するために、それぞれの計算を高速に行なわなければならない、ということに留意されたい。各ビーム形成器に関しては、専用の強力なマイクロプロセッサが必要とされる。

【0086】セルコントローラ25は、各ビーム形成器40に、ビーム形成に必要とされる特別な情報を供給する。より詳細に述べれば、端末15_iへの送信のためのダウンリンクビーム21の放射パターンを計算するために、ビーム形成器40には、

- (i) 端末15_iの方位；
- (i i) (主ローブに関して測定された) 回避すべき位相オフセット角よりなるリスト（空である場合がある）；及び、
- (i i i) 各位相オフセット角に係る送信抑圧の相対的な重要度を表わす数値；が供給される。端末15_iからの送信を受信するアップリンクビーム20の放射パターンを計算するためには、ビーム形成器40には、
- (i) 端末15_iの方位；
- (i i) “ノッチアウト” するべき位相角よりなるリスト（空である場合がある）；及び、
- (i i i) 上記リスト中の全ての干渉源に係る、データベース45から得られた予想強度。

【0087】双方の放射パターンの計算は、後に記述される方法例に従ってなされる。計算は非常に類似しており、その差異は、ダウンリンクに関しては“各位相オフセット角に係る送信抑圧の相対的な重要度を表わす数値”が単純な単調増加変換関数によって“仮想干渉源強度”としてまず表現されなければならない、ということである。例えば、ダウンリンクビーム形成器40に対して供給されるリスト中に現れるリンクA及びリンクBを

考える。リンクAでの受信はわずかなマージンしか有していないが、リンクBでの受信は良好、すなわちより高いS/TI比を有している。リンクAに対応する仮想干渉源強度により、リンクAの方向に関してはリンクBの方向よりも比較的深いノッチが生成される。ここで、このような機能は種々の考慮すべき事項の中でもとりわけ基地局アンテナの特定のコンフィグレーションに依存しており、アンテナ設計者によって選択されるものであることに留意されたい。当業者であれば、このような機能の選択はその能力の範囲にある。

【0088】計算の結果は、重みベクトルWである。計算されたベクトルはストアされ、後のフレーム30において同一の時間スロット35中で再利用される。ビーム形成計算の結果得られるノッチにより、レシーバにおけるS/TIが、干渉値としてより低い境界条件の信号を用いたスロット割り当てにおいて推定されたS/TI以上になることに留意されたい。

【0089】ビーム形成操作は、後に図12-15に関連してより詳細に記述される。記述を容易にする目的で、本発明に従った基地局アンテナの望ましいコンフィグレーションが記載される。端末のアンテナに関しても記述される。

【0090】各端末15_iに配置されているアンテナは、小さく、安価であってかつインストールが容易であることが望ましい。単純さへの希望がある一方、ある種の実施例においては、端末のアンテナは機械的に調節可能であって、一方向あるいは二方向に放射パターンのディップを実現することが可能である。この理由は、干渉電力の大部分は、通常、単一の干渉源から到達するものであるからである。よって、干渉源は、概して、主たる干渉源あるいは被干渉源と考えられる基地局の塵的な位置に基づくインストール時の調節によって減衰され得る。

【0091】ある実施例においては、端末のアンテナは2つのパーツより構成されており、パーツ間の間隔が機械的に調節され得るようになっている。このようなアンテナは、ノッチを取り囲んでいる、ある限られた角度範囲に亘って機械的に調節され得る可変幅主ローブを有している。前述された目的を達成するためのその他の物理的な配置は当業者には公知である。

【0092】基地局のアンテナは、端末のアンテナよりもかなり複雑である。基地局のアンテナは、同時にN個の送信ビームとN個の受信ビームを生成することが可能な位相アレイアンテナ（フェーズアレイアンテナ）である。送信及び受信ビームは、ビーム形成器40の制御下で、水平面内のあらゆる方向に独立して向けることが可能である。方位に関して調節される場合には、ビームは垂直面内でほぼ一定のビーム幅を保持する。ビーム幅は、3dB点において、15度から20度の角度であることが望ましい。平坦な領域においては、より狭い垂直

方向のビーム幅を有するビームも用いられ得る。

【0093】基地局のアンテナ10は、半径Rの仮想垂直円柱の表面に取り付けられて垂直方向に配置された放射エレメント（ラジエータエレメント）を有する平面環状アレイとして配置されていることが望ましい。これらのラジエータの中心は揃えられており、水平面内で環を規定している。各ラジエータエレメントは、例えばある基本ラジエータよりなる垂直コリニアアレイである。水平面内でのラジエータエレメントの放射パターン例が図11に示されている。図11に示されたパターンは、4つのパッチアンテナよりなる垂直アレイの測定パターンである。実際には、アンテナの大きさは、周波数、不動産及び費用に係る考察によって規定される。平面環状アレイ以外のコンフィグレーションも用いられ得る。

【0094】個々のラジエータの指向性を完全に活用してかつ円柱内に配置されるハードウェア及びハーネス由来の影響を最小にする目的で、全ラジエータのうちのわずかのものがビームを生成するように活性化される。活性化されたラジエータは希望されるビームの方向に面したセクタを占有し、環状構造の中心を通して主ローブの希望する方向へ向かう線のいずれかの側にほぼ等しく配置されている。本明細書においては、アクティブラジエータを含むセクタをビームの”アクティブセクタ”と呼称する。アクティブセクタの角度幅 α は、個々のラジエータの選択された放射パターンと円柱アレイに存在するラジエータの数によって最適化されるべき設計パラメータである。

【0095】以下、アップリンクビームの”標準パターン”を生成する方法が記述される。図12のブロック141に示されているように、アンテナ出力における S/TI を最適化する重みベクトルWが生成される。その計算方法に関しては、後に詳述される。計算においては、基地局10のアンテナは、図13に示されているように、水平面内に配置された大きな円の中心に配置されていると仮定されている。数多くの（I個の）均一強度雑音源301が円の周囲にそって等間隔で配置されており、明確なウィンドウ領域303を除いてこれらの雑音源が円周全域をカバーしている。領域303には雑音源はなく、希望する信号である単一の信号源305が領域303の中心に配置されている。ウィンドウ領域303の幅は、最適化されるべき設計パラメータである。この種の最適化は、例えば、ウィンドウ幅のいくつかの値に関して後述される最適重みベクトル決定計算法を適用し、最良 S/TI を与えるものを選択することによって実行される。

【0096】図12のブロック143に示されているように、最適重みベクトルはストアされ、後のフレームにおける同一時間スロット35において用いられる。ブロック147に従って、 S/TI が計算されてセルコントローラ25に供給され、最終的にはクラスタ内の他のセ

ルコントローラにも供給される。同時に、図16-18に関連して記述されているビーム形成エレクトロニクスがビームを形成する（ブロック149）。図14は、重みベクトルWがビームを生成するために用いられる様子を概念的に表わした図である。

【0097】図14に示されているように、K個の放射アンテナエレメントによって受信された信号 S_1-S_K が、乗算器423によってベクトルWの対応する成分と乗算され、それらの総和が取られて、アンテナ出力において S/TI を最適化する放射パターンが生成される。

【0098】前述されているように最適 S/TI を生成することにより、データベース45に係る測定に関して前述された”標準”放射パターンが得られる。標準放射パターンを有するビームは、特定の干渉源の位置及び強度を考慮することなく、数多くの背景干渉源301を取り扱う。より望ましい実施例においては、特に強い一群の干渉源の位置及び相対強度が既知である場合には、それらは、最適重みベクトルの導出の際に、数多くの均一強度干渉源301に加えて考慮される。このような特定の干渉源が図15に示されている。

【0099】ダウンリンクビーム21に関する重みベクトルを生成する際にも、本質的に同一の方法が用いられる。前述されているように、その方法は、仮想信号源が希望する送信方向に配置されており、仮想干渉源が回避されるべき干渉信号生成がなされる方向に配置されている、という点において異なっている。仮想干渉源の強度は、その方向への送信の最小化についての重要性を反映している。

【0100】それぞれの方向への仮想干渉源の配置に回答して、ビーム形成器40はそれらの方向にノッチを有するビームを生成する。各々のノッチの深さは、仮想干渉源の強度を反映している。ここで、理論的にはノッチの深さ（ビームの主ローブに対する相対値をdBで表現したもの）は無限であるが、実際にはノッチの深さは制限される、ということに留意されたい。特に、ノッチの深さは、マルチパス伝播、導電体からの反射等の伝播の不規則性によって制限される。さらに、前述されているように、ノッチの深さはアンテナの許容度によっても制限される。

【0101】最適なWが決定された後、 S/TI が計算される。以下、アンテナ出力において S/TI を最適化する重みベクトルWの決定方法例が記述される。

【0102】水平面内における各ラジエータの放射パターンを $g(\Phi)$ とする。ここで、前記フェーズアレイは、円弧に沿って配置されたK個のラジエータよりなるものとしている。水平面内において角度 Φ に位置する信号源からラジエータkによって受信される信号の振幅は、量 $S_k(\Phi)$ に比例する。ここで、位相参照点は半径Rの円の中心である：

【数1】

$$S_k(\Phi) = g(\Phi - \Phi_k) \text{Exp}\{j2\pi(R/\lambda)\cos(\Phi - \Phi_k)\}$$

A1

【0103】アレイ全体によって受信される信号電圧は、

【数2】

$$V_s = \sum_{k=1}^K W_k S_k(\Phi)$$

A2

$$V_s = W'S(\Phi)$$

A3

ここで、W' はWの転置行列を表わしている。

【0104】少数の主要な干渉源が存在すること、そしてアンテナが配置されている領域におけるそれらの角度位置及び電界強度が正確に知られている、ということが仮定される。これらの主要な干渉源に加えて、多くの”背景”干渉源も存在する。背景干渉源は個別には考慮されない。ビーム合成のために、それらは均一に配置された同一強度干渉源によって置換される。全ての干渉源の間には相関がないものと仮定される。

※

$$V_n = \sum_{k=1}^K v_n(k) = \sum_{k=1}^K W_k \sum_{l=1}^L S_k(\Phi_l)$$

A5

である。よって、干渉源強度の期待値は、

★ ★ 【数6】

$$P_N = E\{|V_n|^2\} =$$

$$= E \left[\sum_{k=1}^K W_k \sum_{l=1}^L S_k(\Phi_l) \cdot \sum_{k=1}^K \bar{W}_k \sum_{l=1}^L \bar{S}_k(\Phi_l) \right]$$

A6

【0106】ここで、各文字の上部に付された線は、それぞれの文字の表わす値の複素共役を意味している。干渉源が無相関である場合には、

30

$$E\{n_i \bar{n}_j\} = n_i^2 \delta_{ij}$$

A7

【数7】

☆

☆であるから、干渉源強度は

【数8】

$$P_n = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L W_k \bar{W}_l \sum_{m=1}^M S_k(\Phi_m) \bar{S}_l(\Phi_m)$$

A8

のように書き表される。これらを行列の形で簡潔に書き表すと、

◆ 【数9】

◆

$$P_n = W^* M W$$

A9

となる。ここで、W'は、Wの複素共役の転置行列を表わしている。Mの各要素は、

【数10】

$$m_{kl} = \sum_{m=1}^M n_m^2 \bar{S}_k(\Phi_m) S_l(\Phi_m)$$

A10

によって表わされる。よって、信号対干渉信号比S/TIは、

【数11】

$$S/TI = \frac{|W'S(\Phi)|^2}{W^* M W}$$

A11

によって表わされる。S/TIは、重みベクトルが

50

* となる。ここで、W_kはk番目のラジエータの複素重みである。この内積は、2つの列ベクトルの乗算によって表現され得る：

【数3】

※ 【0105】干渉源の総数はIによって表現される。よって、k番目のラジエータによって受信される雑音電圧は、

【数4】

$$v_n(k) = W_k \sum_{l=1}^L S_k(\Phi_l)$$

A4

となる。さらに、総干渉源電圧は、

【数5】

$$F(\Phi) = S'(\Phi)W_{opt}$$

A13

から計算される。次いで、 W_{opt} を用いて S/TI が計算される。

【数14】

$$\begin{aligned} S/TI &= \frac{|W'_{opt}S(\Phi)|^2}{W'_{opt}\bar{S}(\Phi)} \cdot \frac{(W'_{opt}S(\Phi))(W'_{opt}\bar{S}(\Phi))}{W'_{opt}\bar{S}(\Phi)} = W'_{opt}S(\Phi) \\ &= F(\Phi) \end{aligned}$$

$F(\Phi)$ は電力比であり、 $10 \log(F(\Phi))$ によってdB単位に変換される。このアプリケーションにおいては、 $-\delta \leq \Phi \leq \delta$ である。ここで、 2δ は2つのラジエータ間の角度である。ビームをこの限定された範囲外に動かす必要がある場合には、新たな活性範囲が選択される、すなわちいくつかの（可能であれば全ての）ラジエータが他のものによって置換される。

※

【0108】方向 (Φ, θ) において位相アレイによって生成される電界は

【数16】

$$E_r(\Phi, \theta) = \sum_{k=1}^K W_k S_k(\Phi, \theta)$$

A15

と表わされる。ここで、

【数17】

$$S_k(\Phi, \theta) = g(\Phi - \Phi_k, \theta) \exp\{j2\pi(R/\lambda)\cos(\alpha_k)\}$$

A16

であり、

★ ★ 【数18】

$$\cos(\alpha_k) = \sin(\theta)\cos(\Phi - \Phi_k)$$

A17

である。式A16及び式A17を式A15に代入することにより、

【数19】

$$E_r(\Phi, \theta) = \sum_{k=1}^K W_k g(\Phi - \Phi_k, \theta) \exp\{j2\pi(R/\lambda)\cos(\Phi - \Phi_k)\sin(\theta)\}$$

A18

が得られる。方向 (Φ, θ) へのアンテナの指向性は、

【数20】

$$D = \frac{\text{reception from direction}(\Phi, \theta)}{\text{average reception intensity}}$$

$$\frac{|E_r(\Phi, \theta)|^2}{1/4\pi \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |E_r(\Phi, \theta)|^2 \sin\theta d\theta d\Phi}$$

を決定することによって計算される。例えば、Sureau et al., "Sidelobe Control in Cylindrical Arrays", IEEE Trans. Ant. Prop., Vol. AP-30, no. 5, 1982及びApplebaum, "Adaptive Arrays", IEEE Trans. Ant. Prop., Vol. AP-24, no. 5, 1976等を参照のこと。

【0109】具体例

水平面内において環状に 0.55λ の間隔を有して配置された $3K=96$ 個のエレメントよりなるアンテナアレイを考える。ビームは、これらエレメントのうちの1/3のみを活性化することによって生成される。32個の活性化されたエレメントは、所定の信号源の位置に面した120度の蹄鉄状に配置されている。信号源は $\Phi=0$ のところに位置している。

★ 50

☆ 【0110】それゆえ、 k 番目のアンテナエレメントは

【数21】

30

$$2\pi(k-K/2-0.5)/(3K) \text{ radians}$$

A19

に位置していることになる。アンテナエレメントを保持している円柱の半径 R は $R=8.4033\lambda$ である。計算量は、干渉源を2群に分類することによって低減され得る。第一群は、その正確な位置及び強度が既知であるような少数の主要な干渉源である。これらの主要な干渉源は、それぞれ個別に取り扱われる。第二群に属する干渉源は、アンテナの周囲にそれぞれ w ラジアン"クリアウインドウ"を有して一様に配置されている数多くの均一強度干渉源と考えることができる。全ての干渉源は、互いに相関がないと仮定されている。全ての干渉源は同一の雑音電力、 n_i 、を有しており、ここではその値を1と仮定する。2つの干渉源の間の角度は、 $(2\pi - w)/I$ ラジアンである。 i 番目の干渉源は、

【数22】

$$w/2 + (2\pi - w)(i-0.5)/I$$

A20

に位置している。"クリアウインドウ"は、 $\Phi=0$ の両側でそれぞれ1つの干渉源の強度を0に設定することによって生成される。ここで、 w は $2(2\pi/100)$ に等しい。式A16及び式A17を式1に代入すると、

【数23】

$$S_k(\Phi_j) = g(w/2 + (i-0.5)(2\pi-w)/l - 2\pi(k-K/2-0.5)/(3K)) \cdot \exp\{j2\pi(R/\lambda)\cos(w/2 + (i-0.5)(2\pi-w)/l - 2\pi(k-16.5)/(3K))\} \quad A21$$

選択されたパラメータに関しては、 $l > 100$ の場合に得られる放射パターンは実質的に l に依存しない。それゆえ、 l は 100 とする。

【0111】関数 $g(\Phi)$ が規定されなければならない * 【数24】

$$g(\Phi) = \cos^4(\Phi/2) + 0.17\cos^4((\pi-\Phi)/2) - 0.0568 \quad A22$$

式A22を式A21に代入し、式A21を式A10に代入することによって、共分散行列 M が得られる。 W_{opt} 呼び電界 $F(\Phi)$ は式A13から計算される。

【0112】 N 個の強い干渉源よりなるグループがあり、それぞれの干渉強度 n_j^2 ; $j = 1, \dots, N$ が与えられた角度位置に存在することが知られているようなケースに係る最適重みベクトルを見出す目的で、対応する項が行列 M の要素に対して追加される (式A10)。計算は、前述された手順に従って進められる。その結果得られた放射パターンが図5に示されている。

【0113】強い干渉源の強度が背景雑音を表す干渉源からの全体としての強度よりも大きくない場合には、修正された放射パターンは、強い干渉源の”極近傍”に鋭いノッチが現れることを除いて、オリジナルの (すなわち強い干渉源がない場合の) パターンに極めて似ている。

【0114】図5は、前述されたアルゴリズムに従って、98個の”弱い”干渉源 (すなわち、クリアウィンドウを生成する目的で100個のうちの2個の干渉源が除かれている) 及び、同一強度でかつその配置されている位置が図示されているように規定されている6個の”強い”干渉源が存在する場合に生成された放射パターンを示している。図16は、強い干渉源の強度が独立変数である場合の S/TI 比を示している。信号強度は、まず強い干渉源が存在しない場合に設定され、 S/TI 比として30dBが得られている。この図から明らかであるが、図中で参照番号90で示されているように、”強い”干渉源の強度の増加を補償する目的でアンテナビームを調節すると、 S/TI 比は非常にゆるやかに劣化する。その一方で、 W が固定されている、すなわち調節がなされない場合には、 S/TI は急速に劣化する (参照番号94)。

【0115】次に、ベクトル W の計算の問題に戻る。与えられたリンクに関する著しい干渉源の組は比較的頻繁に変化するため、 W はしばしば再計算されなければならない。よって、本発明の望ましい実施例においては、単一の干渉源が追加あるいは削除された場合に既存のビー

$$M^{\omega} = M^{(\omega-1)} + \beta^1 n_j^2 \text{conj}(S(\Phi_j)) S'(\Phi_j)$$

ここで、 M^{ω} は k 番目の段階 (すなわち、 j 番目の干渉源の追加/削除の次の段階) の後に用いられる行列; $M^{(\omega-1)}$ は $(k-1)$ 番目の段階において用いられる行

* い。この実施例においては、”パッチアンテナ”に係る測定された放射パターンへの解析的な近似が用いられる:

【数24】

※ M を再計算するための”ショートカット”すなわち”高速”方式が用いられる。この種の高速方式が以下に記述される。

【0116】前述されているように (例えば式A12)、 W_{opt} の計算には、 $K \times K$ の正方行列である行列 M の逆行列計算が含まれる。 K が大きい、すなわち数多くのラジエータが存在する場合には、この計算は莫大なる量となる。しかしながら、行列 M が既知である場合には、単一の干渉源を追加あるいは削除する目的でこの行列 M を修正することは、単純化された方法を用いて実行され得る。本発明に係るショートカット方式は、以下の定理を利用している: 行列 A が $A = B + \alpha UV'$ 、ここで、 U 及び V は縦行列; のように書き表せる場合には、

$$A^{-1} = B^{-1} - \lambda \alpha Y Z'$$

となる。ここで、

$$Y = B^{-1}U; Z' = V' B^{-1}; \text{及び、} \lambda = 1 / (1 + \alpha Z' U)$$

である。前述された導出に基づいて、行列 M は、

【数25】

$$M = M_{\infty} + \sum_{j=1}^N n_j^2 \text{conj}(S(\Phi_j)) S'(\Phi_j)$$

のように書き表される。ここで、 $S(\Phi_j)$ は列ベクトルである: $[S_1(\Phi_j) S_2(\Phi_j) \dots S_K(\Phi_j)]'$; $\text{conj}(S)$ は S の複素共役であり、 $S'(\Phi)$ は $S(\Phi)$ の転置行列である。 N は”ノッチアウト”されるべき追加された干渉源の数、 Φ_j ($j = 1, \dots, N$) はそれらの位置、及び n_j^2 はそれぞれの対応する強度である。 M は修正された行列であり、 M_{∞} は元の干渉環境において用いられた行列である。

【0117】前述されているように、

$$W = M^{-1} \text{conj}(S(\Phi))$$

よって、 j 番目の干渉源を追加あるいは削除することは、行列 M が以下のように修正されることを意味している:

★ 列 (すなわち元の行列); β^1 は干渉源の追加の場合には $+1$ 、削除の場合には -1 ; である。新しい行列 M に関する逆行列計算は、以下のようになされる:

★ 50

$$M^{(k-1)} = M^{(k-2)} - \lambda \alpha Y Z';$$

ここで、

$$Y = M^{(k-1)} U; U = \text{conj} (S(\Phi_i));$$

$$Z' = V' M^{(k-1)}; V = S'(\Phi_i);$$

$$\lambda = 1 / (1 + \alpha Z' U); \alpha = \beta^k n_i^2;$$

であり、

$$W^k = M^{(k-1)} \text{conj} (S(0))$$

である。この方式は、 $(3K^2 + 2K)$ 回の乗算を必要とする。

【0118】本発明のより望ましい実施例においては、上記高速方式が以下の置換によってさらに短縮される。なぜなら、 $V = \text{conj} (U')$; $M = \text{conj} (M')$; $Z = \text{conj} (Y')$ であるから、最適ベクトルは以下の量を決定することによって直接計算される：

$$1. \alpha = \beta n^2$$

$$2. Y = M^{(k-1)} U$$

$$3. \lambda = 1 / \{1 + \alpha \text{conj} (Y') U\}$$

$$4. M^{(k-1)} = M^{(k-2)} - \lambda \alpha Y \text{conj} (Y')$$

$$5. W^{(k)} = W^{(k-1)} - \lambda \alpha Y \text{conj} (Y') \text{conj} (S(0))$$

ここで、 $W^{(k)}$ は k 番目の段階において用いられる新たな最適重みベクトルであり、 $W^{(k-1)}$ は $(k-1)$ 番目の段階において用いられる最適ベクトルである。

【0119】この方式は、おおよそ $(2K^2 + 4K)$ 回の乗算と $(2K^2 + 3K)$ 回の加算とを必要とする。一方、最適 W を見出す目的で行列 M を計算してその逆行列をとる直接法は、おおよそ $(K^2 + K + O(K^3))$ 回の乗算を必要とする。

【0120】基地局 10 における信号受信、ビーム生成及び信号送信に係る重要なエレクトロニクスの一部が図 17-19 に示されている。これらの図においては、本発明の理解に関して本質的ではない種々のコンポーネント、例えばフィルタ、IF 増幅器等、が省略されていることに留意されたい。これらの図面は本発明の理解を助ける目的であって、本発明の範囲を限定するものではない。

【0121】図 17 は、本発明に従ったマルチビームシステムに係る基地局用送信（ダウンリンク）エレクトロニクスを示したブロック図である。N 個の送信モデム 401（IF 周波数で動作することが望ましく、それぞれ端末 15 への送信が企図された信号 S_i を生成する）が含まれる。N の値は、送信（ダウンリンク）ビーム DB1-DBN の個数である。信号 S_{i+1} は、N 個の電力分配器 403 にそれぞれ供給される。電力分配器 403 は、各信号 S_i を K 個のチャネル C_j に分割する。

【0122】K 個のチャネル C_j よりなる N 個のグループは、K 個の乗算器 405 よりなる N 個の乗算器バンク宛に送出される。乗算器は、各チャネル C_j に、N 個の位相及び振幅コントローラ 429 によって生成された K

個の正弦波のうちの適切な一つを乗算する。各正弦波の振幅及び位相は、重みベクトルの適切な成分によって指定される。重みベクトル W は、セルコントローラ 25 の制御下でダウンビーム形成器 40a のうちの一つによって計算される。

【0123】各ビームに関して上記演算の結果得られる K 個のチャネル CO_i は、ダウンリンク交換及び総和複合体 407 宛に送出される。複合体 407 は、セルコントローラ 25 の制御下で、K 個のチャネル $CO_i - CO_k$ よりなるグループの各々を K 個の隣接していかつ重なりを有する可能性のあるラジエータチャネル $CR_i - CR_k$ 宛にルーティングする。ラジエータチャネルは全てアップコンバータ 408 に供給される。アップコンバータ 408 は、交換及び総和複合体 407 の出力を送信周波数へとアップコンバートする。アップコンバータは、ミキサバンク 409、電力分配器 433 及び局部発振器すなわちシンセサイザ 431 とからなる。共通のシンセサイザ 431 が用いられることに留意されたい。

【0124】アップコンバータラジエータチャネルは、ラジエータ 1 つ当たり 1 つずつの M 個の電力増幅器 411 よりなるバンクへ供給される。M は、位相アレイアンテナを構成しているラジエータの総数である。増幅されたチャネルは、アンテナラジエータ 1 つ当たり 1 つずつの M 個のダイプレクサ 413 よりなるバンク宛に送出される。ダイプレクサは、これらのチャネルを K 個のアクティブなラジエータ宛にルーティングする。

【0125】図 18 は、本発明に従った多重ビームシステムにおける受信（アップリンク）エレクトロニクスを示している。ラジエータ 415 によって受信された信号は、ダイプレクサバンク 413 を介して M 個の低雑音増幅器 417 よりなるバンクへ伝達され、さらにダウンコンバータ 418 へ伝達される。ダウンコンバータ 418 は、交換及び分割複合処理目的で、受信された信号の周波数をダウンコンバートする。アップコンバータ 408 と同様、ダウンコンバータは、ミキサバンク 419、電力分配器 437 及び局部発振器すなわちシンセサイザ 435 を有している。アップコンバータ 408 の場合と同様に、シンセサイザ 435 は共用されている。

【0126】アップリンク交換及び分割複合体 421 は、セルコントローラ 25 の制御下で、K 個の隣接するラジエータよりなる N 個のグループからの信号を適切なビームエレクトロニクス宛にルーティングする。K 個の乗算器よりなる N 個のバンクは、各々それぞれのビームに対応する K 個の信号を、N 個の位相及び振幅コントローラ 439 によって生成された K 個の正弦波のうちの適切なものと乗算する。各正弦波の振幅と位相は、重みベクトル W の適切な成分によって指定されている。この成分は、セルコントローラ 25 の制御下でアップリンクビーム形成器 40b のうちの一つによって計算される。

【0127】アップリンクビーム $UB1 - UBN$ よりな

るK個の信号は電力合成器425に供給され、電力合成器425は合成済み信号をN個の受信モデム427のうちのそれぞれ一つに対して供給する。

【0128】図19は、位相及び振幅コントローラのアーキテクチャ例を示した図である。位相及び振幅コントローラは、各々、K個のダイレクトデジタルシンセサイザ(DDS)441を有している。各DDS441は正弦波を生成し、その位相及び振幅は、対応するビーム形成器40b、40aによって生成されたアップリンクあるいはダウンリンクビームに係るK個の信号 $BF S_{ik}$ のうちの適切な一つによって制御される。K個のDDSよりなるバンクには、共通のクロックラインCLを介してクロック信号が供給され、共通のリセットラインRLを介してリセット信号が供給される。バンドパスフィルタ443は、ミキサ423へ送出された信号が不要なスプリアス成分を含まないことを保証する。増幅器445は、DDSによって生成された信号を増幅する。

【0129】以上の説明は、本発明のいくつかの実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例が考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0130】例えば、本発明に係る”オープンループ”方式と共に種々の方式が用いられ得る。この一例は、信号が空中に送出された後に、受信される信号のS/TIを改善する試みとして”適応ビーム形成”を用いることである。適応ビームは、各受信ビームに係る指定されたレシーバによって駆動されるクロズドループ適応アルゴリズムを用いることによってインプリメントされ得る。この種のクロズドループアルゴリズムは当業者には公知である。このような方式は、個々のラジエータをサポートしているエレクトロニクス回路において発生しうるドリフトを抑制する目的での基地局のアンテナシステムの頻繁な較正の必要性を回避することが可能である。この種の実施例における別の特徴は、リンクパラメータの経時的な変化に適応ビームが追従できることである。

【0131】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、他のトランスミッタからの干渉を低減しかつ他のレシーバへの干渉を低減したTDMベースの固定無線ループシステム及びその実現方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に従うセルラFWLシステムの模式図。

【図2】 図1に示されたシステムのセルの一つにおける基地局によって生成されるビームを示す模式図。

【図3】 フレーム構造例を示す図。

【図4】 複数のセルコントローラの動作を示す流れ図。

【図5】 ビーム放射パターン例を示す図。

【図6】 相異なったセルにおける2つの回線及びそれらの間の干渉の可能性を示す模式図。

【図7】 ダウンリンク干渉を測定する方法例を示す流れ図。

【図8】 アップリンク干渉を測定する方法例を示す流れ図。

【図9】 クラスタ内回線における変更を知らされた場合のセルコントローラの動作を示す流れ図。

10 【図10】 アップリンク及びダウンリンクタイムスロットを検索する方法例を示す図。

【図11】 放射器の放射パターン例を示す図。

【図12】 ビーム形成器の動作を示す流れ図。

【図13】 背景干渉源のみを含むビーム形成環境を概念的に示す模式図。

【図14】 アンテナ出力において最適の信号対総干渉信号比を有する放射パターンを実現するための最適の重みベクトルの対応する成分と放射信号との乗算を模式的に示す図。

20 【図15】 複数の強い干渉信号源を有する場合のビーム形成環境を概念的に示す模式図。

【図16】 強い干渉源のみを除去した場合の信号対干渉信号比への影響を示す図。

【図17】 本発明に従うマルチビームFWLシステムにおけるダウンリンク用エレクトロニクス回路例を示す図。

【図18】 本発明に従うマルチビームFWLシステムにおけるアップリンク用エレクトロニクス回路例を示す図。

30 【図19】 位相及び振幅コントローラのアーキテクチャ例を示す図。

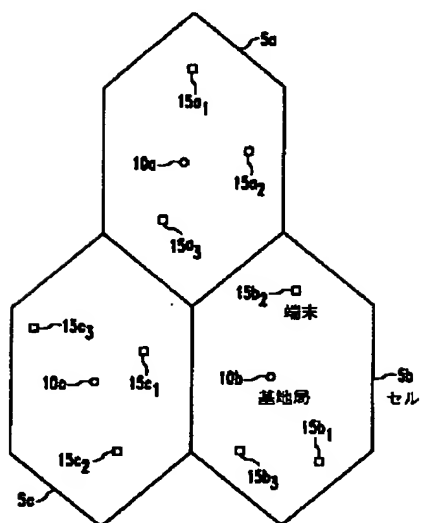
【符号の説明】

- 5 セル
- 10 基地局
- 15 移動体端末
- 20 アップリンクビーム
- 21 ダウンリンクビーム
- 25 セルコントローラ
- 30 フレーム
- 31 プリアンプル
- 40 32 ユーザ識別及び同期情報
- 33 ペイロード
- 34
- 35 時間スロット
- 40 ビーム形成器
- 45 データベース
- 46 アクティブリンクリスト
- 301 背景均一強度干渉源
- 303 ウィンドウ領域
- 305 希望する信号源の方向
- 50 307 放射アンテナエレメント

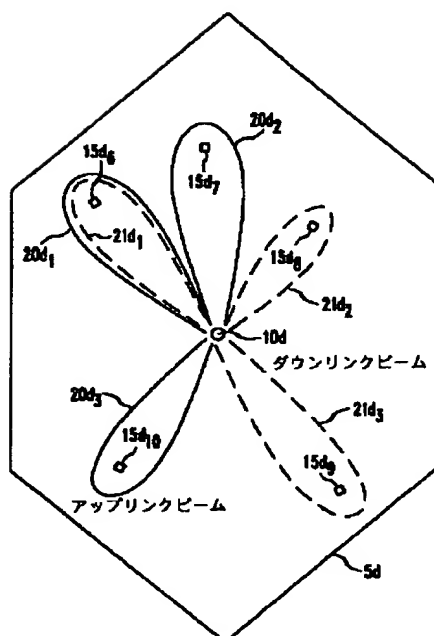
311 強力な干渉源
 401 送信モデム
 403 電力分配器
 405 乗算器
 407 交換及び総和複合体
 408 アップコンバータ
 409 ミキサ
 411 電力増幅器
 413 ダイプレクサ
 415 ラジエータ
 417 低雑音増幅器
 418 ダウンコンバータ
 419 ミキサ

* 421 アップリンク 高官御呼び分割複合体
 423 乗算器
 425 電力合成器
 427 受信モデム
 429 位相及び振幅コントローラ
 431 局部発振器
 433 電力分配器
 435 局部発振器
 437 電力分配器
 10 439 位相及び振幅コントローラ
 441 ダイレクトデジタルシンセサイザ
 443 バンドパスフィルタ
 * 445 増幅器

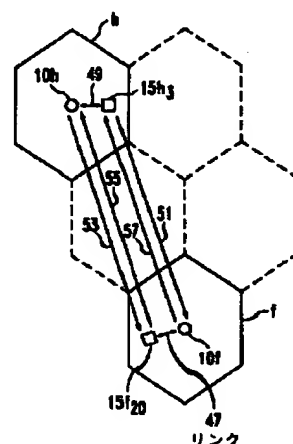
【図1】



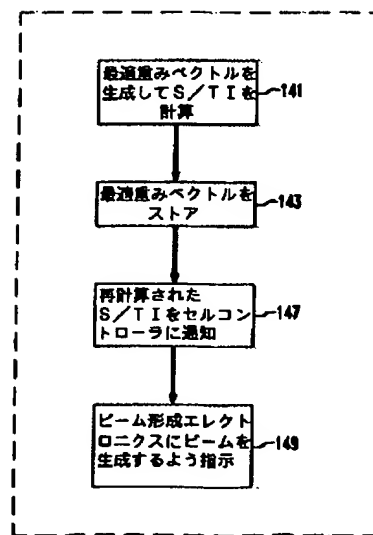
【図2】



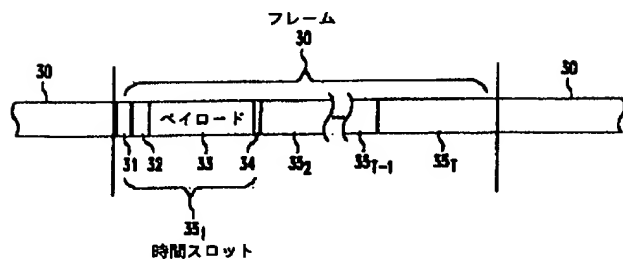
【図6】



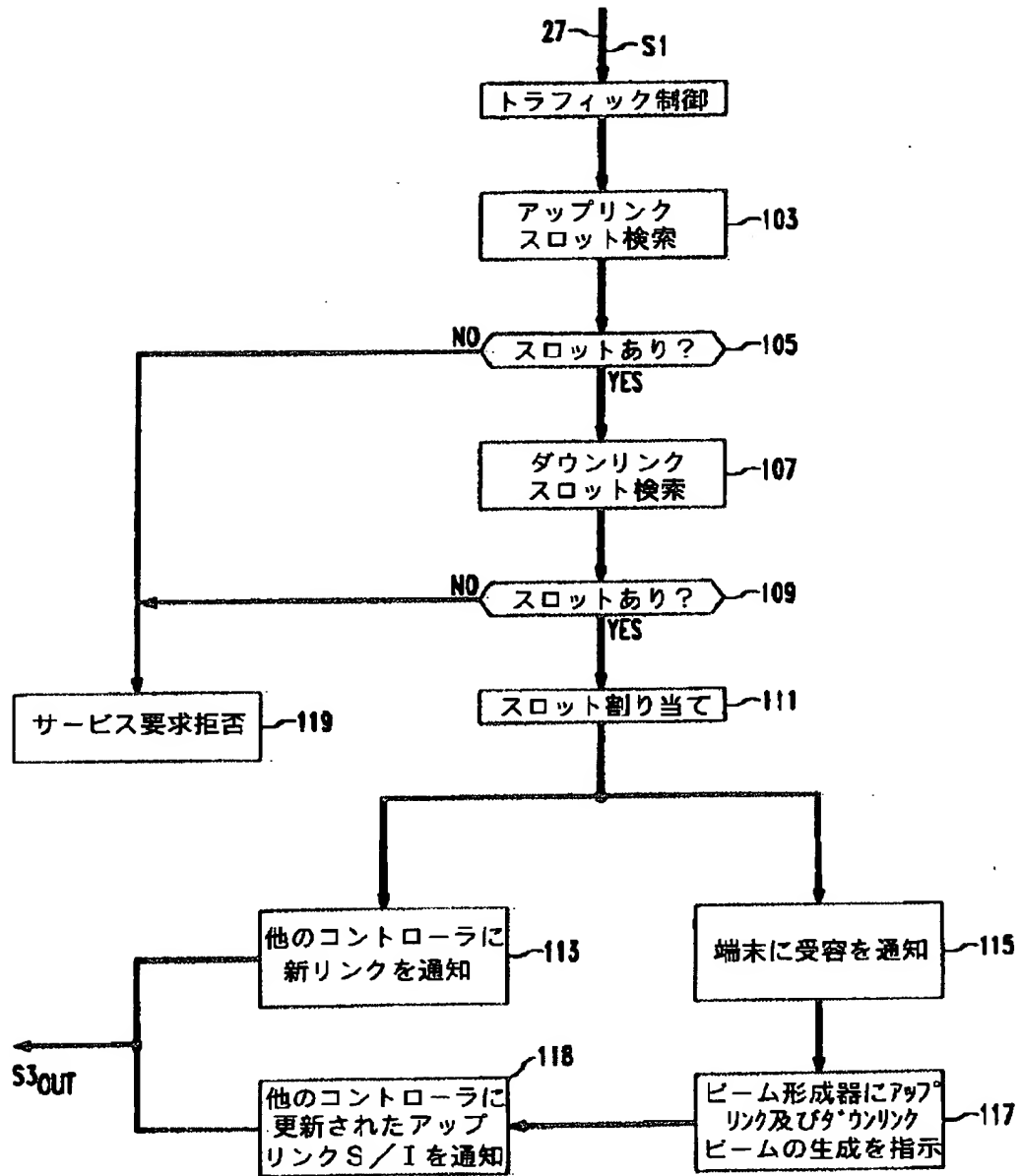
【図12】



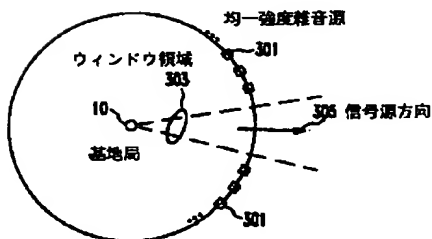
【図3】



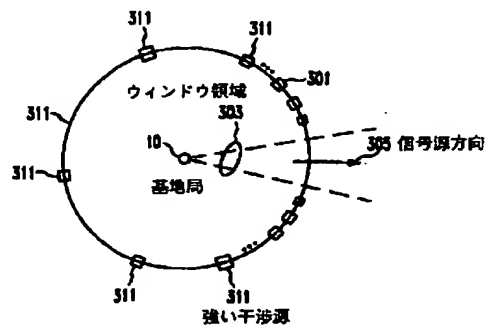
【図4】



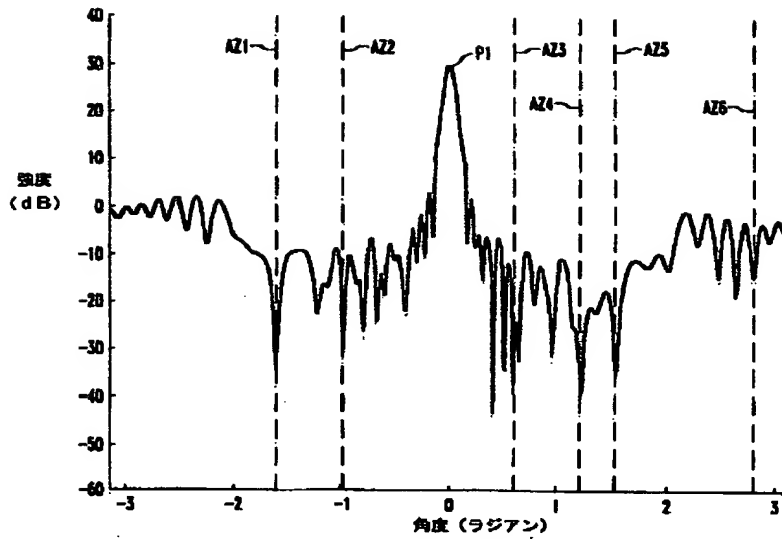
【図13】



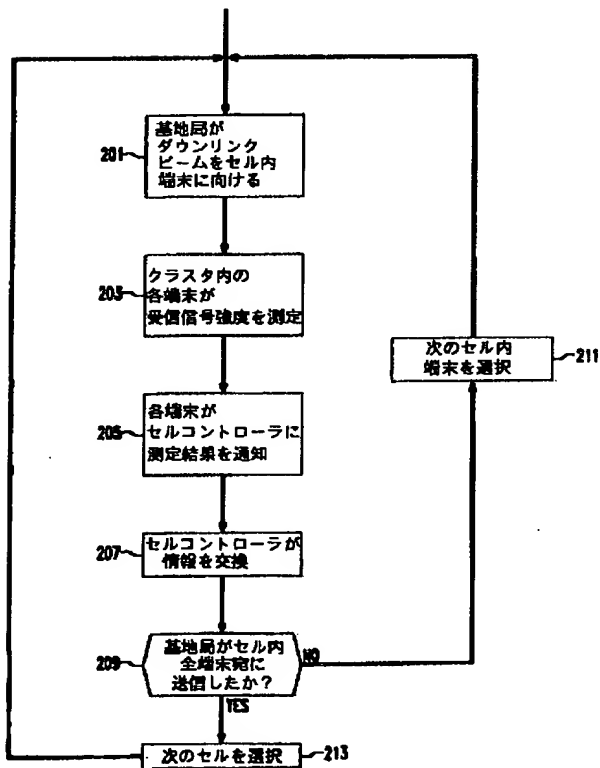
【図15】



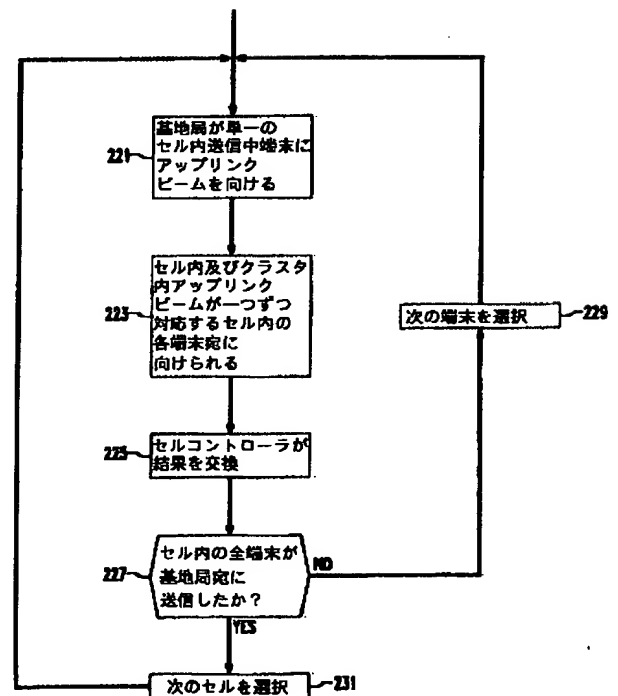
【図5】



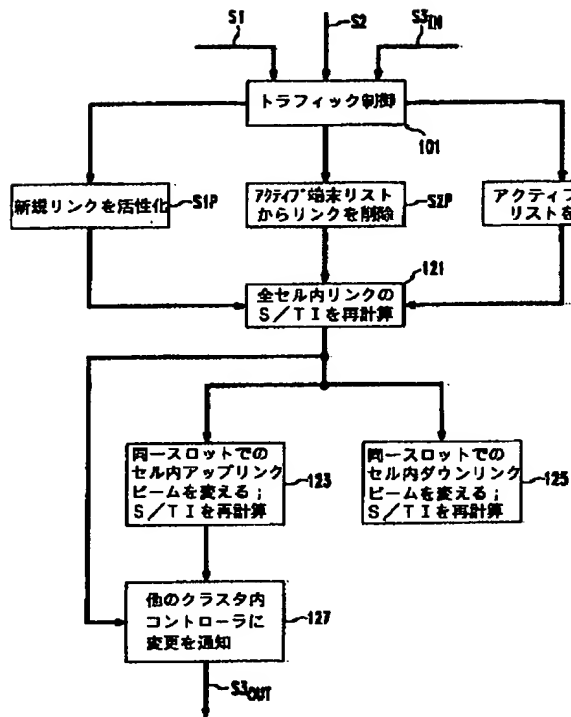
【図7】



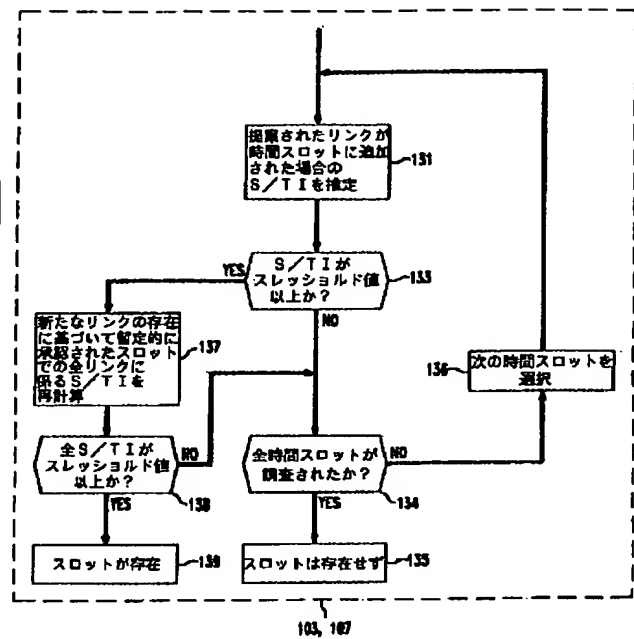
【図8】



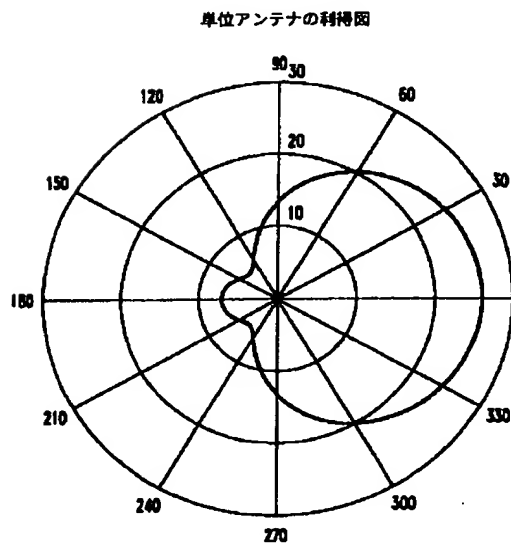
【図9】



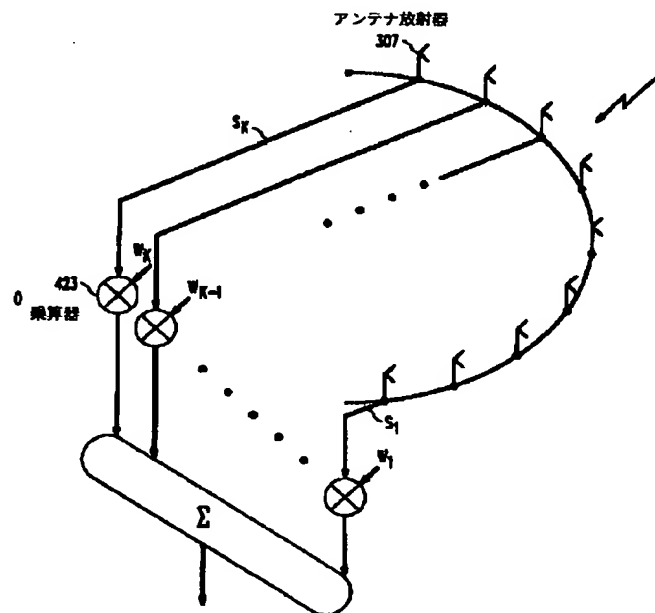
【図10】



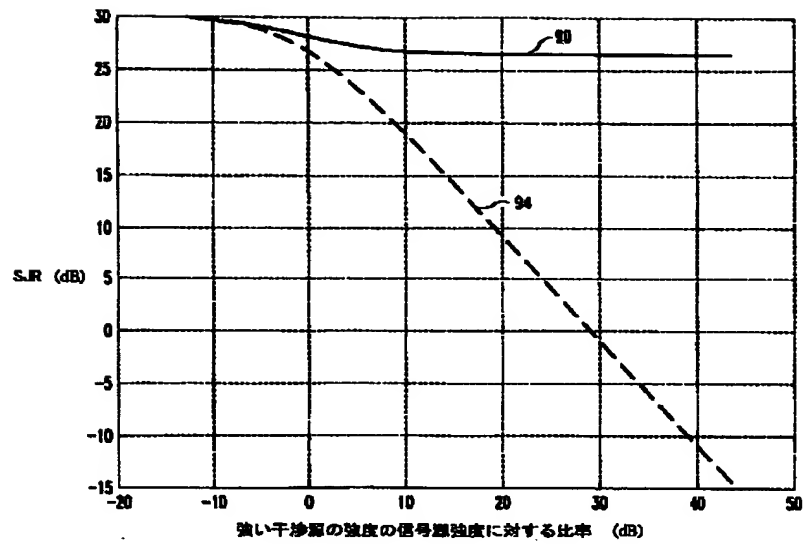
【図11】



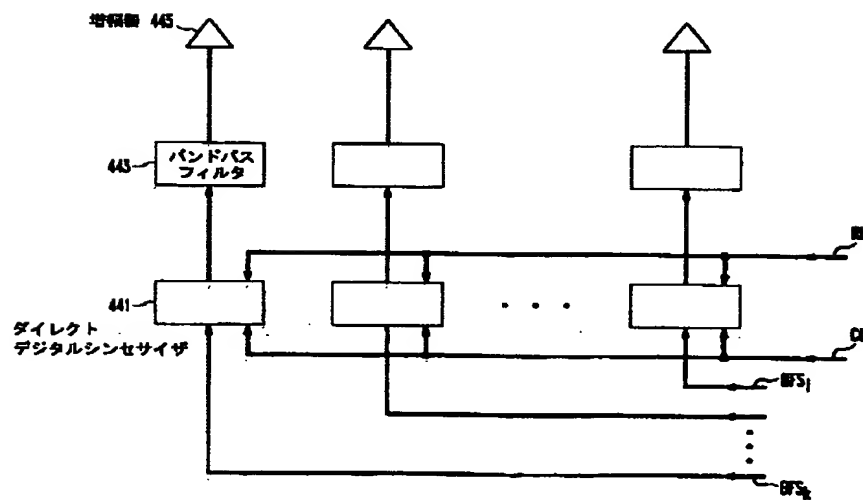
【図14】



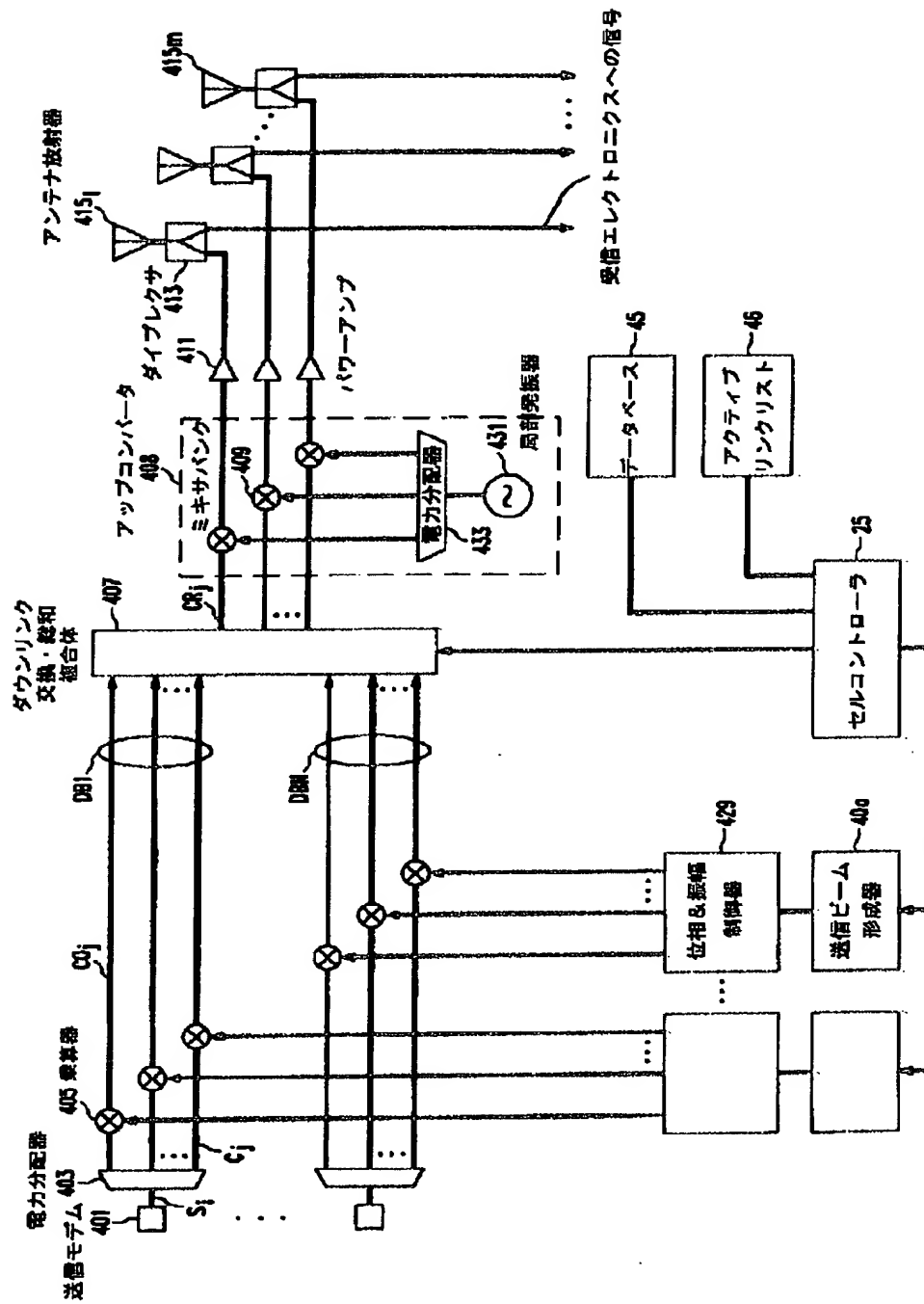
【図16】



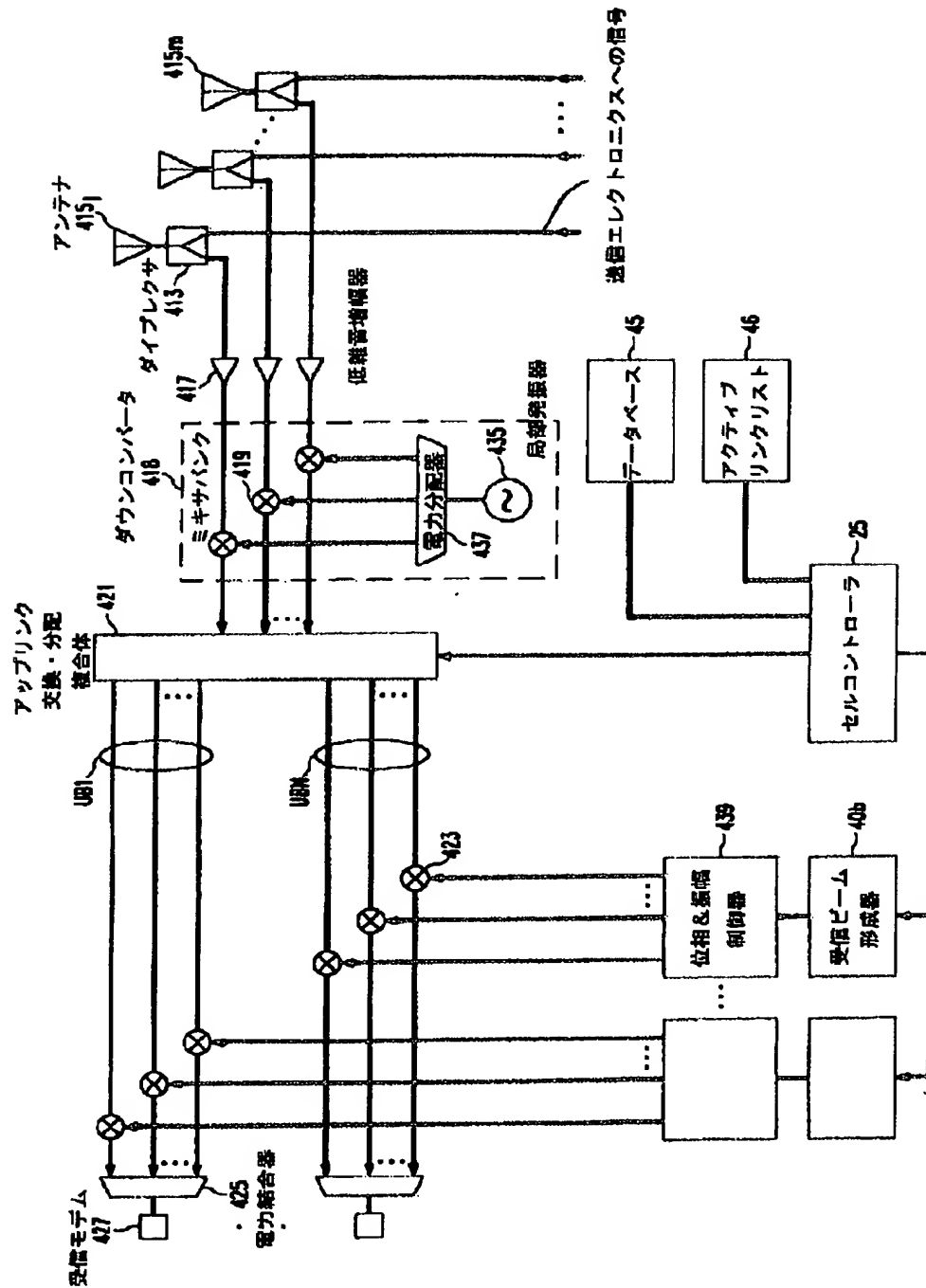
【図19】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259
 600 Mountain Avenue,
 Murray Hill, New Je
 rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 サンジャイ カストゥリア
 アメリカ合衆国、07748 ニュージャージ
 ー、ミドルタウン、トリンブルフォード
 レーン 3

(72)発明者 セオドア シザー セカンド
アメリカ合衆国、07739 ニュージャージー
ー、リトル シルバー、ブランチ アペニ
ュー 385

(72)発明者 レイナルド エー. バレンズエラ
アメリカ合衆国、07733 ニュージャージー
ー、ホルムデル、パトリッジ ラン 17
(72)発明者 グレゴリー アラン ライト
アメリカ合衆国、07722 ニュージャージー
ー、コルツ ネック、カウンティ ロード
イースト 161